

И.А.Нечаев

Конструкции на логических элементах цифровых микросхем

Издательство «Радио и связь»



Основана в 1947 году
Выпуск 1172

И.А.Нечаев

Конструкции на логических элементах цифровых микросхем



Москва
«Радио и связь» 1992

ББК 32.844
Н 59
УДК (681.325.652:621.3.049.77.037.372):001.92

Рецензент проф. В. С. Ямпольский

Нечаев И. А.

Н 59 Конструкции на логических элементах цифровых микросхем. — М.: Радио и связь, 1992. — 120 с.: ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1172).

ISBN 5-256-00816-1.

Рассмотрены вопросы использования логических цифровых микросхем для построения различных узлов радиоэлектронной аппаратуры. Даны описания практических конструкций на основе этих узлов: контрольно-измерительные приборы, устройства бытового назначения, игрушки и т. д. Для каждой конструкции приведены чертежи печатных плат и даны рекомендации по замене радиодеталей.

Для широкого круга радиолюбителей.

Н $\frac{2302020500\text{-}010}{046(01)\text{-}92}$ **25-92** **ББК 32.844**

Научно-популярное издание

Массовая радиобиблиотека. Выпуск 1172

НЕЧАЕВ Игорь Александрович

КОНСТРУКЦИИ НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ

Научный редактор В. Г. Борисов
Редактор издательства И. Н. Суслова
Художественный редактор Н. С. Шеин
Обложка художника А. С. Дзуцева
Технический редактор Л. А. Горшкова
Корректор Т. В. Дземидович

ИБ № 2353

Сдано в набор 17.06.90 Подписано в печать 12.11.91
Формат 60×90¹/₁₆ Бумага тип. № 2 Гарнитура литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 7,5 Усл. кр.-отт. 7,88
Уч.изд. л. 9,49 Тираж 30 000 экз. Изд. № 23287
Зак № 81 С-010
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь». 101000 Москва, ул. Кирова, д. 40

ISBN 5-256-00816-1

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цифровая техника все более привлекает внимание радиолюбителей, в их распоряжении появляются самые разнообразные микросхемы, позволяющие собирать оригинальные конструкции различной степени сложности. Цифровые микросхемы предназначены для преобразования и обработки электрических сигналов, изменяющихся во времени по закону дискретной функции, т. е. функции, которая может принимать только несколько (обычно, два) значения. Такие функции называют логическими, а элементы, выполняющие различные операции с такими функциями, — логическими элементами.

В отличие от них аналоговые микросхемы предназначены для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону непрерывной функции. Очевидно, что цифровые и аналоговые микросхемы служат для выполнения различных операций и не являются взаимозаменяемыми. Однако и в тех, и в других работают в основном транзисторы как биполярные, так и униполярные. Поэтому, если есть возможность перевести активные элементы цифровых микросхем в режим обработки аналоговых сигналов, то это позволит использовать цифровые микросхемы как аналоговые и строить на их основе различные узлы радиоаппаратуры: генераторы, компараторы напряжения, усилители, стабилизаторы, детекторы, смесители, аттенюаторы и многое другое.

Наряду с цифровыми микросхемами повышенной интеграции (счетчики, делители, процессоры и т. д.) радиолюбители широко используют логические элементы НЕ, И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Эти элементы имеют связь по постоянному току между входом и выходом, что позволяет путем подачи постоянного напряжения на вход управлять режимами работы входящих в элементы транзисторов. Именно благодаря этому и появляется возможность их использования в аналоговых устройствах.

Наиболее широко распространены логические элементы микросхем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) серии К155, К133, К555, эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ) — серии К100, К500 и на комплементарных полевых транзисторах с изолированным затвором (КМОП) — серии К176, К561. Логические элементы этих микросхем хорошо работают не только в своем штатном «цифровом» режиме, их с успехом используют в аналоговых режимах — об этом свидетельствуют публикации в радиолюбительской литературе. Созданные на их базе аналоговые устройства по своим параметрам зачастую не уступают таким же устройствам, собранным на аналоговых микросхемах, а по некоторым, например простоте, и превосходят их. Особенно удобно оказывается использование цифровых микросхем в комбинированных устройствах, где выполняются операции как с аналоговыми, так и цифровыми сигналами. В этом случае появляется возможность сократить номенклатуру используемых деталей количество питающих напряжений и тем самым ускорить и удешевить изготовление всего устройства.

Публикации, посвященные этой тематике, встречаются не часто, разрозненны и поэтому не дают единой картины, хотя и подтверждают перспективность радиолюбительской деятельности в этом направлении.

В книге сделана попытка обобщить имеющиеся сведения по этой тематике, более полно обосновать возможность и принципы использования цифровых микросхем для работы в аналоговых устройствах. Приводятся многочисленные практические конструкции отдельных узлов радиоаппаратуры, а также законченных устройств, разработанных как автором, так и другими радиолюбителями.

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ

Логические элементы ТТЛ

Схема базового элемента цифровых микросхем ТТЛ — элемента 2И-НЕ — приведена на рис. 1. Он состоит из входного многоэмиттерного транзистора VT1, парафазного усилительного каскада на транзисторе VT2 и двухтактного выходного каскада на транзисторах V73, VT4. Последние два каскада на транзисторах по своему построению напоминают фазоинверсный и выходной каскады бестрансформаторного усилителя звуковой частоты (ЗЧ).

Передаточная характеристика такого логического элемента изображена на рис. 2. Если входное напряжение находится в пределах 0...0,5 В, то эмиттерный p-n переход транзистора VT1 открыт, но напряжение на его базе недостаточно для открывания коллекторного перехода этого транзистора и эмиттерных переходов транзисторов VT2, VT4. Поэтому транзисторы VT2 и VT4 закрыты, а VT3 — открыт напряжением, поступающим на его базу через резистор R2. Диод VD3 открыт и на выходе элемента напряжение составляет примерно 3...4 В (рис. 2, точка *а*). Увеличение входного напряжения приводит к постепенному открыванию транзистора VT2, уменьшению напряжения на базе транзистора VT3 и его постепенному плавному закрыванию (рис. 2, участок *б—в*). Дальнейшее увеличение входного напряжения приводит к еще большему открыванию транзистора VT2, увеличению напряжения на резисторе R3 и от-

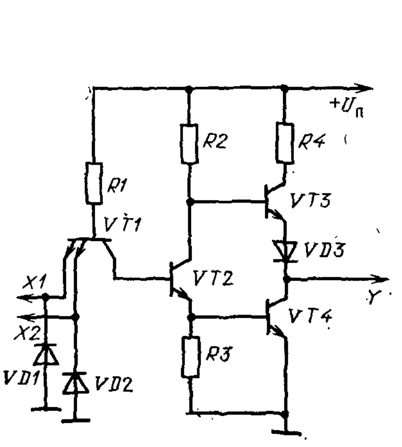


Рис. 1. Схема базового логического элемента ТТЛ 2И-НЕ

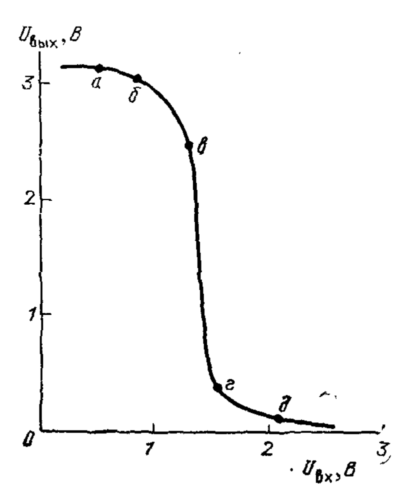


Рис. 2. Передаточная характеристика элемента ТТЛ 2И-НЕ

крыванию эмиттерного перехода транзистора VT4. Это приводит к тому, что эмиттерный переход транзистора VT4 шунтирует резистор R3, транзистор VT2 начинает резко открываться, а напряжение на выходе элемента уменьшаться. В этот момент (рис. 2, участок *в—г*) все транзисторы открыты и находятся в активном режиме — это участок характеристики элемента, который можно использовать для обработки аналоговых сигналов. Этот режим характеризуется высокой крутизной передаточной характеристики и максимальной потребляемой от источника питания мощностью, так как через открытые транзисторы VT3 и VT4 протекает сквозной ток, ограничиваемый резистором R4.

Если продолжать увеличивать входное напряжение, то транзисторы VT2 и VT4 перейдут в режим насыщения (рис. 2, участок *г—д*), что приведет к более плавному уменьшению выходного напряжения. Если же входное напряжение окажется выше 2...2,5 В, то транзистор VT3 закроется и значение выходного напряжения не превысит напряжения насыщения транзистора VT4 (0,4 В).

Передаточная характеристика элемента ТТЛ температурно зависима: при повышении температуры окружающей среды до +125 °С она сдвигается влево примерно на 0,3 В, а при уменьшении до —60 °С — вправо на ту же величину. Протяженность линейного участка по выходу составляет 1,5...1,8 В.

Элементы структуры ЭСЛ

Схема базового логического элемента структуры ЭСЛ, выполняющего функции ИЛИ-НЕ и ИЛИ, приведена на рис. 3. Этот элемент образуют дифференциальный усилитель на транзисторах VT1—VT3, температурно-компенсированный источник опорного напряжения (2,09 В) на транзисторе VT4, диодах VD1, VD2 и резисторах R6, R7, выходные эмиттерные повторители на транзисторах VT5, VT6, коллекторные цепи которых соединены с общим проводником. Питание осуществляется напряжением отрицательной полярности —5,2 В.

Такой элемент по схемному построению напоминает многие аналоговые микросхемы. Его передаточная характеристика изображена на рис. 4. При подаче на один или оба входа напряжения —(1,6 ... 1,8) В (относительно общей

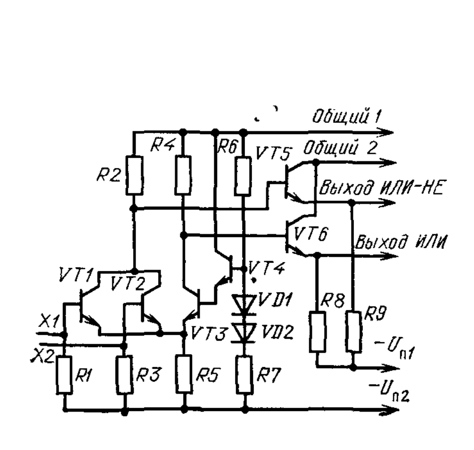


Рис. 3. Схема базового элемента ЭСЛ 2ИЛИ-НЕ/ИЛИ

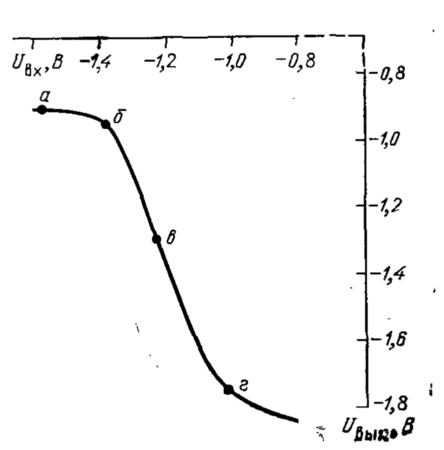


Рис. 4. Передаточная характеристика элемента ЭСЛ 2ИЛИ-НЕ/ИЛИ

шины) транзисторы VT1 и VT2 будут закрыты, а VT3 — открыт. База транзистора VT5 через резистор R2 соединена с общим проводником питания, поэтому на эмиттере этого транзистора (выход ИЛИ-НЕ) будет напряжение —(0,8 ... 0,9) В (рис. 4, точка *а*). С увеличением входного напряжения транзисторы VT1 и VT2 начинают открываться, их коллекторные токи увеличиваются (рис. 4, точка *б*), транзистор VT3 остается открытым. Дальнейшее увеличение входного напряжения приводит к значительному открыванию транзисторов VT1 и VT2 закрыванию транзистора VT3, далее (рис. 4, точка *в*) их токи сравниваются, транзистор VT3 закрывается (рис. 4, точка *г*). В этом случае весь ток протекает через транзисторы VT1, VT2, что приводит к увеличению падения напряжения на резисторе R2 и уменьшению напряжения на выходе ИЛИ-НЕ до —(1,7 ... 1,8) В. На эмиттере транзистора VT6 (выход ИЛИ) напряжение изменяется противофазно по отношению к выходу ИЛИ-НЕ. Протяженность линейного участка характеристики по выходу составляет примерно 0,6 В.

Логические элементы ЭСЛ являются наиболее высокочастотными по сравнению с элементами микросхем других серий и потребляют значительные мощности — до 100 мВт. Крутизна передаточной характеристики соответствует коэффициенту усиления по напряжению примерно 12 дБ. Выходные эмиттерные повторители обеспечивают хорошее согласование с низкоомными нагрузками и возможность работы на высокочастотный кабель с волновым сопротивлением 50 ... 70 Ом.

Элементы структуры КМОП

В логическом элементе (рис. 5), выполняющем функцию И-НЕ, работают комплементарные полевые транзисторы. Транзисторы с каналом p-типа (VT1, VT2) подключены к положительному проводнику источника питания, а с каналом n-типа (VT3, VT4) соединены последовательно.

Передаточная характеристика элемента приведена на рис. 6. При входном напряжении 2 В и менее транзисторы VT1 и VT2 открыты, так как напряже-

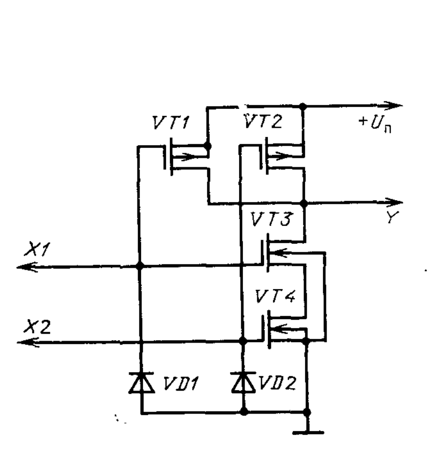


Рис. 5. Схема базового элемента КМОП 2И-НЕ

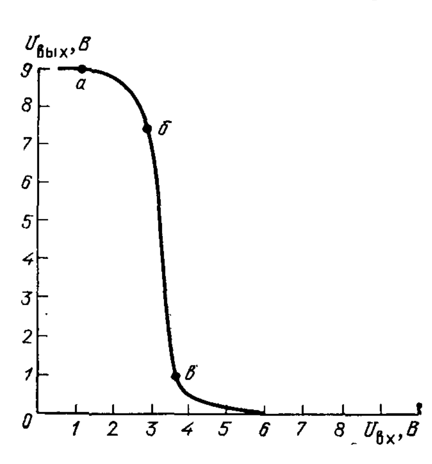


Рис. 6. Передаточная характеристика элемента КМОП 2И-НЕ

ние на участках затвор — исток (при напряжении питания 9 В) составляет не менее 7 В. Напряжение на таких же участках транзисторов VT3 и VT4 оказывается недостаточным для их открывания, поэтому на выходе элемента будет напряжение, почти равное напряжению питания, т. е. около 9 В (рис. 4, точка *а*). По мере увеличения входного напряжения транзисторы VT3, VT4 начинают открываться, а VT1, VT2 закрываться. На участке *а—б* этот процесс происходит сравнительно плавно, на участке *б—в* он ускоряется, в результате чего крутизна передаточной характеристики резко возрастает и по коэффициенту усиления соответствует 20 ... 26 дБ. В точке *в* транзисторы VT1 и VT2 почти полностью закрыты, а VT3 и VT4 открыты. Выходное напряжение в этом случае невелико и при увеличении входного напряжения до напряжения источника питания оно стремится к нулю.

КМОП-элементы относятся к наиболее простым, экономичным, они хорошо работают при различных напряжениях питания и имеют самый протяженный участок передаточной характеристики по выходу (3 ... 5 В). Они обладают большим входным сопротивлением (единицы мегаом) в широком диапазоне частот и высокой линейностью передаточной характеристики. Середина линейного участка характеристики не соответствует половине значения напряжения питания, потому что для открывания p-канальных транзисторов (VT1, VT2) требуется большее напряжение, чем для открывания *n*-канальных (VT3, VT4). К недостаткам таких элементов следует отнести сравнительно большое выходное напряжение сопротивления (единицы килоом).

Логический элемент в рабочем режиме

Использование логических элементов цифровых микросхем в различных устройствах для работы с аналоговыми сигналами возможно лишь в случае, если их рабочая точка находится на линейном участке передаточной характеристики или вблизи нее. Именно там они способны реагировать на малые изменения входного сигнала и даже усиливать его. Так, на линейном участке передаточной характеристики элемент ТТЛ эквивалентен усилителю с коэффициентом усиления 10 ... 12 (примерно 20 дБ), элемент ЭСЛ — усилителю с коэффициентом усиления 3 ... 4 (примерно 10 дБ), элемент КМОП — усилителю с коэффициентом усиления 10 ... 20 (20 ... 26 дБ).

Для вывода логического элемента на требуемую рабочую точку (линейный или другой участок и характеристики) применяют разные способы. Один из них [3] основан на включении на входе элемента ТТЛ резистора (рис. 7,*а*),

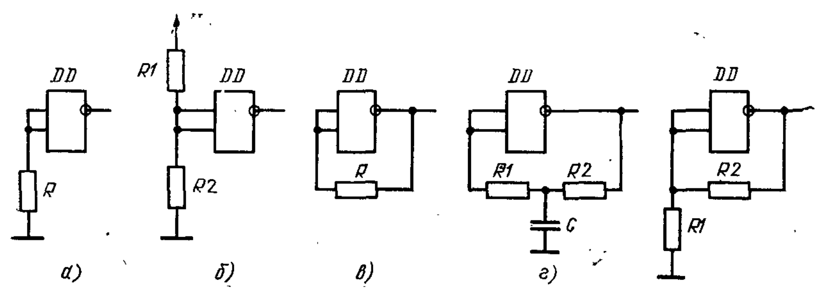


Рис. 7. Варианты включения логического элемента

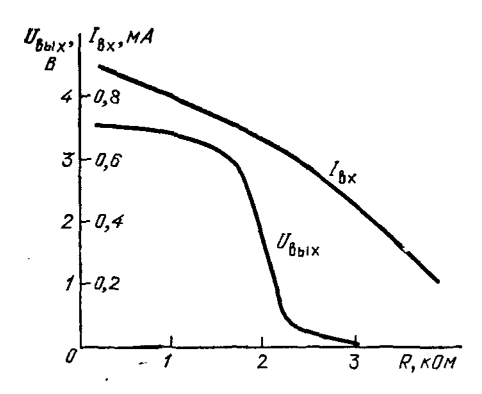


Рис. 8. Зависимость $U_{вых}$ и $I_{вх}$ от сопротивления внешнего резистора

Этот резистор вызовет ток, который будет протекать и через прямосмещенный эмиттерный переход входного транзистора (см. рис. 1) и резистор R1. Изменяя сопротивление внешнего резистора, можно изменять и напряжение на выходе элемента, т. е. изменять положение его рабочей точки на передаточной характеристике.

При сопротивлении внешнего резистора менее 1 кОм ток через эмиттерный переход транзистора VT1 будет в основном определяться номиналом резистора R1 и не превысит 0,8 мА (для серии К155), поэтому напряжение на внешнем резисторе (рис. 8) будет недостаточно для открывания транзисторов VT2 и VT4 и закрывания транзистора VT3 логического элемента. Выходное напряжение составляет примерно 1,7 В (середина линейного участка), при сопротивлении внешнего резистора 1,9 ... 2 кОм. При дальнейшем увеличении сопротивления внешнего резистора напряжение на нем увеличится настолько, что транзистор VT3 закрывается и напряжение на выходе элемента уменьшается до 0,4 В.

Такой способ применим для вывода на рабочий режим элементов ЭСЛ, при этом сопротивление резистора подбирается экспериментально. Для элементов КМОП этот способ не пригоден, так как они работают без входных токов (есть только токи утечки, но они малы и нестабильны).

Другим способом вывода логического элемента на рабочий режим может быть подача на его вход соответствующего напряжения, например с помощью резистивного делителя напряжения (рис. 7,*б*). Так, для элементов ТТЛ середине линейного участка передаточной характеристики соответствует входное напряжение 1,5 ... 1,8 В, для ЭСЛ 1,1 ... 1,3 В, а для КМОП 3 ... 6 В (при напряжении питания 9 В). Для разных логических элементов одной серии это напряжение не одинаково, поэтому его подбирают опытным путем. Номиналы входных резисторов выбирают такими, что входные токи элементов, если они, конечно, есть, не влияли бы на напряжение, снимаемое с резистивного делителя.

К недостаткам этих способов следует отнести неудовлетворительную температурную стабильность и сильную зависимость от питающего напряжения. Их можно применять для устройств, которые предполагается эксплуатировать при постоянной температуре окружающей среды и стабильном напряжении источника питания.

Третий способ, считающийся лучшим, — создание отрицательной обратной связи (ООС) по постоянному току между входом и выходом элемента (рис. 7,*в*), благодаря которой рабочая точка автоматически поддерживается на требуемом участке передаточной характеристики и не требуется тщательного подбора внешних резисторов. Этот способ реализуется для логических элементов с инверсией входного сигнала: НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ.

Сопротивление резистора в цепи ООС выбирают исходя из обеспечения элементу необходимого входного тока. Для элементов КМОП оно может быть от нескольких килоом до десятков мегаом, а вот для элементов ТТЛ — в пределах от десятков ом до 1 кОм. Но ООС неизбежно снижает и коэффициент усиления элемента. Для ослабления или устранения этого явления в цепь ООС включают не резистор, а RC-фильтр нижних частот (ФНЧ), как это показано на рис. 7,*г*.

Используют также комбинированный способ (рис. 7,*д*), когда применяют и входной резистор R1 и вводят ООС через резистор R2. Этот способ наиболее целесообразен для использования с элементами ТТЛ и ЭСЛ.

Далее по всему тексту книги логические элементы цифровых микросхем будем называть элементами.

Усилители

Для использования элементов в качестве усилителей аналоговых сигналов необходимо вывести рабочую точку на линейный участок передаточной характеристики. Основные характеристики таких усилителей, основанные на литературных данных [4] и экспериментальных исследованиях, сведены в табл. 1. Используя данные таблицы, радиолюбитель может выбрать наиболее подходящие элементы для реализации конкретного усилителя, а также способ вывода элемента на рабочий участок передаточной характеристики. Рассмотрим несколько конкретных примеров.

Схема простейшего усилителя на элементе ТТЛ приведена на рис. 9,*а*. Его основные характеристики: коэффициент усиления —(20 ... 25) дБ, максимальное выходное напряжение — 0,5 ... 0,8 В, верхняя граничная частота —30 ... 40 МГц; нижняя граничная частота определяется емкостями разделительных конденсаторов. Регулировка усилителя сводится к установке подстроечным резистором R1 рабочей точки элемента на середине линейного участка передаточной характеристики. Усилитель можно использовать в простых приемниках прямого усиления, видеоусилителях и т. д.

Таблица 1. **Основные характеристики усилителей на микросхемах**

Серия микросхем	$K_{ус}$, дБ	Частота измерения параметров, МГц	F_{max}, МГц	$P_{потр}$, мВт	$u_{вых\,max}$, В	$R_{вх}$, кОм	$R_{вых}$, кОм	Схема на рис.	R1, кОм	R2, кОм
133 155	18	1МГц	40	20	1,2	0,6	0,05	7,д	0,68	0,68
133 155	21	1МГц	40	20	1,2	0,8	0,05	7,а	1,9	—
134	25	3МГц	5,5	2	1,5	0,4	0,05	7,д	7,5	5,1
176	17	0,1МГц	3...4	5...20	5,0	3,5	6	7,б	6,2	4
561 564	25	0,1МГц	3...4	5...20	5,0	1000	7	7,г	1000	1000
100 500	12	50МГц	100	120	0,5	0,4	0,05	7,г	1	1

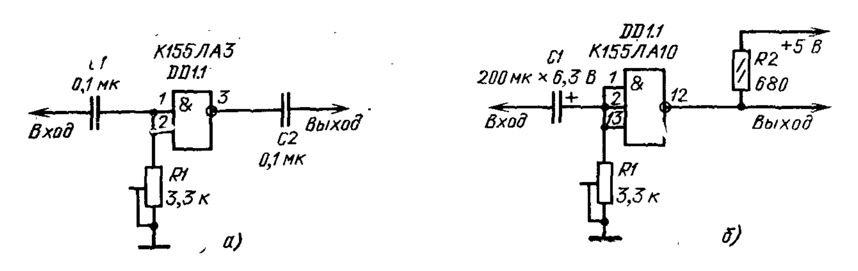


Рис. 9. Принципиальные схемы простых усилителей на логических элементах

Простой усилитель на элементе с открытым коллекторным выходом можно построить по схеме, приведенной на рис. 9,*б* [5]. Для него характерна особенность — подбором резистора R2 можно в значительных пределах изменять коэффициент усиления. Так, при R2=330 Ом коэффициент усиления будет 45, при R2=680 Ом — 50, при R2=1,7 кОм — 77, а при R2=7,4 кОм — 89. При этом, конечно, изменяется и выходное сопротивление усилителя, что необходимо учитывать.

Недостатком описанных здесь простых усилителей является невысокое входное сопротивление, что ограничивает область их применения. К тому же коэффициент усиления небольшой. Устранить этот недостаток можно использованием совместно с элементом транзисторов, в том числе и полевых. Коэффициент усиления можно повысить последовательным включением усилительных каскадов.

Схема такого усилителя показана на рис. 10 [6], его входное сопротивление 1 МОм, коэффициент усиления 400, полоса усиливаемых частот 1 кГц... ...25 МГц. Усилитель можно использовать, например, в качестве усилителя вертикального отклонения луча осциллографа, он, как правило, налаживания не требует.

Цифровая микросхема обычно содержит несколько идентичных элементов, выполненных на одном кристалле, которые можно использовать в одном устройстве. Это позволяет создавать многоканальные усилители с идентичными характеристиками в широком диапазоне температур и питающих напряжений.

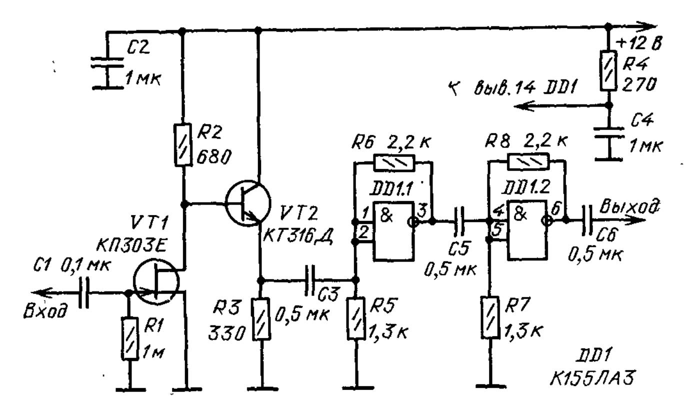


Рис. 10. Принципиальная схема комбинированного усилителя

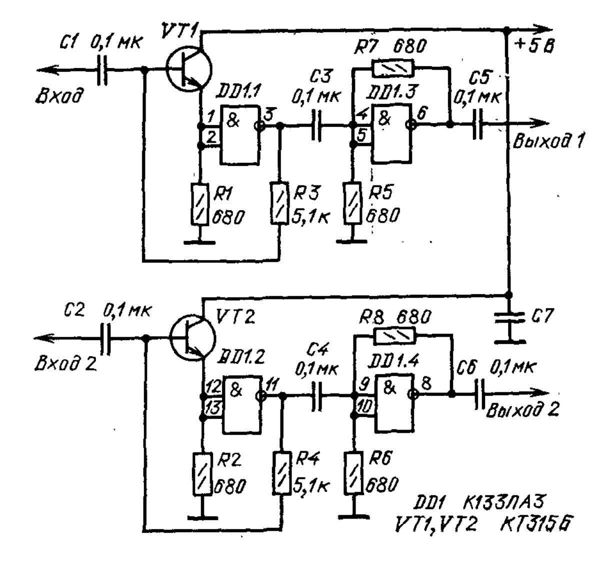


Рис. 11. Принципиальная схема двухканального усилителя

Примером тому может служить двухканальный усилитель импульсных и синусоидальных сигналов, схема которого показана на рис. 11 [4]. Он собран на одной микросхеме К133ЛА3 и двух транзисторах КТ315. Основные характеристики усилителя: коэффициент усиления — 50, неидентичность каналов — не более 0,5 %, выходное сопротивление 50 Ом, входное сопротивление 5 кОм, верхняя граничная частота 40 МГц. Развязка между каналами на частоте 1 МГц — не менее 30 дБ.

Элементы ЭСЛ являются наиболее высокочастотными и на их выходах работают эмиттерные повторители, что позволяет использовать их для работы на высокочастотный кабель. Наличие на передаточной характеристике наряду с линейным участком также и нелинейного, на котором крутизна характеристики плавно изменяется, открывает возможность строить на их основе радиочастотные усилители с электронной регулировкой усиления. Схема возможного варианта такого варианта усилителя приведена на рис. 12,*а*. Его основные характеристики: коэффициент усиления 13 дБ (на нагрузке 50 Ом), максимальное неискаженное выходное напряжение 200 ... 300 мВ. Амплитудно-частотная характеристика усилителя изображена на рис. 12,*б*. Если на вывод 7 DD1 подавать регулирующее напряжение $U_{рег}$ — 1,5 ... 1,2 В, то можно изменять и коэффициент усиления. Принцип регулировки нетрудно понять, рассматривая схему элемента. Если на базу транзистора VT1 с выхода элемента подать напряжение ООС и входной сигнал, то элемент станет работать как усилитель сигнала. Транзистор VT2 будет закрыт и в работе усилителя не участвует. Если на базу транзистора VT2 подать напряжение — 1,5 В и более, то он начнет открываться, транзистор VT1 — закрываться, коэффициент усиления уменьшаться. Такая регулировка позволяет осуществлять дистанционное управление или охватить усилитель системой автоматической регулировки усиления (АРУ). Регулировочная характеристика усилителя показана на рис. 12,*в*.

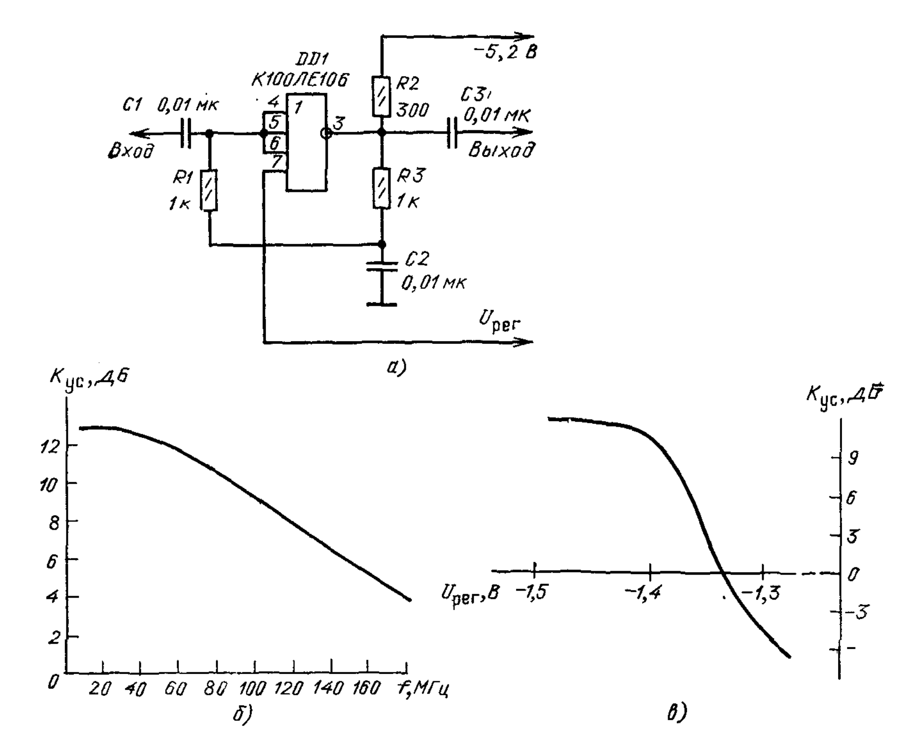


Рис. 12. Усилитель на элементе ЭСЛ

У элементов КМОП наиболее протяженный линейный участок передаточной характеристики, поэтому применение его в усилителях весьма желательно. Усилитель на четырехвходовом элементе (рис. 13,*а*) потребляет от источника питания напряжением 9 В ток около 1,5 мА. Амплитудная характеристика такого усилителя на частоте 100 кГц, работающего на высокоомную нагрузку, показана на рис. 13,*б*. Усилитель имеет сравнительно большой коэффициент усиления (рис. 13,*в*) и неплохие частотные характеристики. Сравнительно небольшой уровень неискаженного выходного сигнала объясняется тем, что у многовходового элемента за счет ООС через резистор R1 рабочая точка устанавливается автоматически, но не в середине линейного участка передаточной характеристики. При использовании элементов с меньшим числом входов рабочая точка находится ближе к середине, поэтому на выходе усилителя можно получить большее значение неискаженного сигнала. Достоинство такого усилителя — большое входное сопротивление, что позволяет подключать его непосредственно к магнитной антенне радиоприемника.

Элементы КМОП можно использовать для усилителей ЗЧ, схема одного из таких усилителей приведена на рис. 14,*а* [7]. При коэффициенте усиления около 20 дБ и выходном напряжении до 1,5 В коэффициент гармоник не превышает 0,16 %. Два таких каскада, включенных последовательно, можно с успехом использовать в микрофонном усилителе или предварительном усилителе ЗЧ радиоприемника.

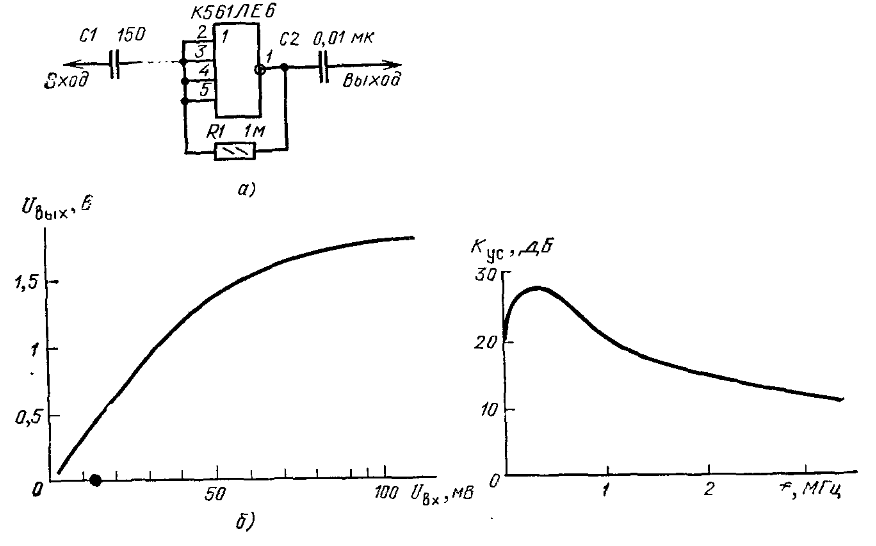


Рис. 13. Усилитель ВЧ на элементе КМОП

Общий недостаток усилителей на элементах КМОП — высокое выходное сопротивление. Устранить его можно установкой на выходе элемента эмиттерного повторителя на транзисторе и включения его в цепь ООС, как это сделано в усилителе по схеме на рис. 14,б [7]. Кроме уменьшения выходного сопротивления, транзистор позволяет сместить рабочую точку элемента вверх или вниз по линейному участку (в зависимости от структуры примененного транзистора) и приблизить к середине. Коэффициент усиления таких усилителей зависит от соотношения сопротивлений резисторов R1 и R2 и его можно определить по формуле [7]

$$K=\frac{K_{max}R2}{R1+R2+K_{max}R1},$$

где K_{max} — коэффициент усиления элемента в линейном режиме. Все элементы, используемые в описанных здесь усилителях, имеют от двух до четырех равнозначных входов, что позволяет использовать их в микшерах или сумматорах сигналов. Схема одного из таких усилительных устройств приведена на рис. 15 [7]. Благодаря устранению ООС по переменному току за счет установки

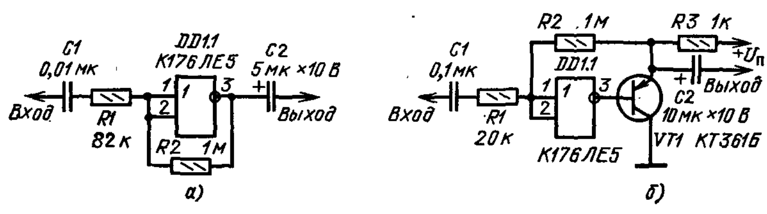


Рис. 14. Принципиальные схемы усилителей на элементе КМОП

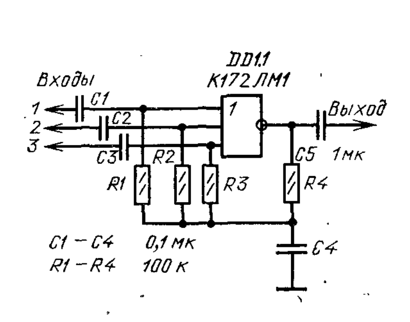


Рис. 15. Принципиальная схема микшера

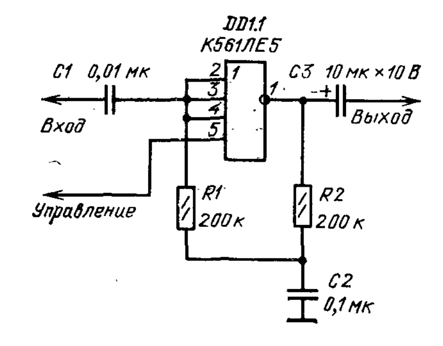


Рис. 16. Принципиальная схема управляемого усилителя

конденсатора С4 и хорошей развязки между входами элемента, взаимное влияние источников сигнала практически исключается.

Многовходовые элементы можно также использовать для построения стробируемых, т. е. электрически управляемых (включаемых и выключаемых) усилителей. Пример тому — усилитель, собранный по схеме рис. 16. Подавая на управляющий вход напряжение, соответствующее высокому или низкому логическим уровням, усилителем можно управлять (1 — выключен, 0 — включен), к тому же на большом расстоянии, поскольку цепи сигнала и управления хорошо развязаны.

На элементах КМОП можно построить достаточно мощный усилитель ЗЧ. Для этого элементы включают параллельно, а для согласования с низкоомной нагрузкой (динамической головкой) применяют трансформатор. Схема выходного каскада подобного усилителя приведена на рис. 17. В нем пять элементов микросхемы К561ЛН2 включены параллельно и работают в линейном режиме, поэтому потребляемый ток равен примерно 30 мА и не изменяется от уровня входного сигнала. Выходная мощность составляет 70 ... 80 мВт на нагрузке сопротивлением 5 ... 6 Ом. Шестой элемент этой микросхемы можно использовать в предварительном усилителе.

Практика показывает, что на элементах можно строить различные по сложности и функциональному назначению усилители и, конечно же, их номенклатура гораздо шире описанных. Данные, приведенные в табл. 1, помогут радиолюбителю реализовать на практике задуманную конструкцию на основе элементов цифровых микросхем.

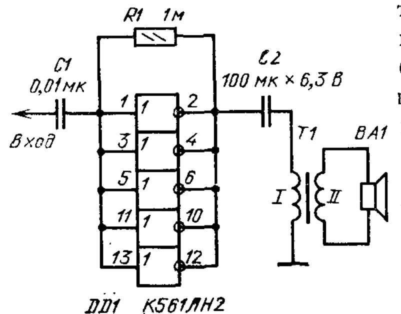


Рис. 17. Принципиальная схема усилителя ЗЧ повышенной мощности

Пороговые устройства

Пороговые устройства, называемые также компараторами, предназначены для преобразования аналогового сигнала в цифровую информацию. Например, на выходе порогового элемента формируется сигнал какого-либо логического уровня, если входной аналоговый сигнал по своему значению меньше определенного напряжения, если же он больше, то на выходе порогового устройства формируется сигнал противоположного логического уровня.

Кроме регистрации или сигнализации о превышении (или снижении) напряжения контролируемого сигнала, пороговые устройства применяют в аналого-цифровых преобразователях, генераторах импульсов различной формы.

В составе некоторых серий аналоговых микросхем есть компараторы, пригодные для совместной работы с цифровыми микросхемами, но они не всегда доступны. Многие из них требуют двухполярного источника питания, что усложняет конструкцию. Поэтому в ряде случаев оказывается целесообразным использовать в качестве пороговых устройств элементы, что обеспечивает полное согласование логических уровней без каких-либо специальных мер.

В принципе, сам элемент представляет собой пороговое устройство, в чем легко убедиться, взглянув на рис. 18, на котором показаны передаточные характеристики идеального порогового устройства *1* и элемента КМОП *2*. У идеального порогового устройства прямоугольная характеристика, элемент же имеет характеристику с некоторым наклоном, поэтому вблизи порогового напряжения возникает зона неопределенности, которая в итоге и определяет чувствительность порогового устройства. В тех случаях, когда не требуется высокой точности, в качестве порогового устройства можно использовать логический элемент.

Для повышения точности пороговых устройств на основе элементов применяют специальные схемные решения. Схема простого порогового устройства на двух элементах ТТЛ приведена на рис. 19,*а*. Благодаря наличию положительной обратной связи (ПОС) по постоянному току через резистор R2 передаточная характеристика становится прямоугольной (рис. 19,*б*). Устройство работает следующим образом. При входном сигнале меньше порогового на выходе будет напряжение низкого уровня. С увеличением входного напряжения до U_2 на выходе элемента DD1.2 напряжение также начнет увеличиваться. Это напряжение через резистор R2 поступит на вход элемента DD1.1, что приведет к еще бо́льшему увеличению напряжения на выходе элемента DD1.2 и т. д. Таким образом, пороговое устройство скачком переходит в устойчивое состояние с высоким уровнем напряжения на выходе. Дальнейшее увеличение входного напряжения состояние порогового устройства не изменяет.

При уменьшении входного напряжения до U_1 пороговое устройство скачком переходит в устойчивое состояние с низким уровнем напряжения на выходе. Разность напряжений U_2—U_1 называют шириной пет-

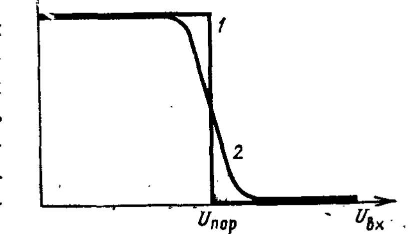


Рис. 18. Характеристики порогового устройства и элемента КМОП

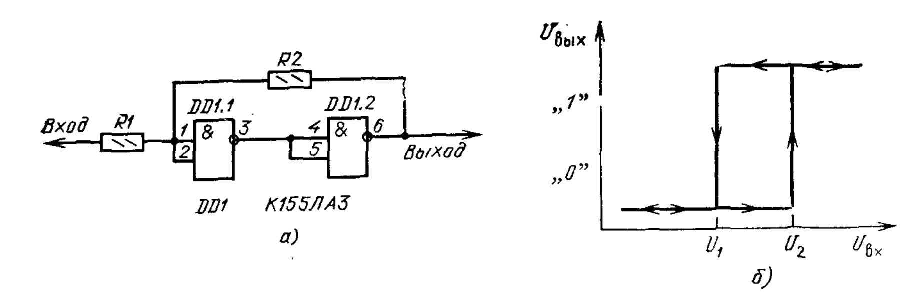


Рис. 19. Пороговое устройство на элементе ТТЛ

ли гистерезиса, она зависит от соотношения номиналов резисторов R1 и R2. От этих же резисторов зависит и чувствительность. При увеличении сопротивления резистора R2 и уменьшении R1 чувствительность повышается, а ширина петли гистерезиса уменьшается. Однако элементы ТТЛ работают с входными токами, поэтому сопротивление этих резисторов должны лежать в определенных пределах. Так, для микросхем серий К133 и К155 сопротивление резистора R1 может быть в пределах 0,1 ... 2 кОм, а R2 — в пределах 2 ... 10 кОм.

Такое пороговое устройство не имеет на входе разделительного конденсатора, поэтому нижняя граница его частотной характеристики простирается вплоть до постоянного напряжения, а вот верхняя, из-за наличия к цепи сигнала резистора R1, ограничена частотой 8 ... 10 МГц.

Если необходимо пороговое устройство, реагирующее только на переменную составляющую сигнала, его следует несколько изменить в соответствии с рис. 20. Сопротивления резисторов R2 и R3 должны быть примерно равны, емкость конденсатора C1 определяет нижнюю частотную границу рабочего диапазона.

Бóльшей граничной частотой обладает пороговое устройство на логических расширителях по ИЛИ микросхемы К155ЛД1 (рис. 21), по схемному построению аналогичное триггеру Шмитта на транзисторах. Порог срабатывания зависит от соотношения номиналов резисторов R1 и R3. Ширина петли гистерезиса составляет около 0,1 В, а порог срабатывания можно регулировать от 0,02 до 1 В. Номинал резистора R1 должен быть в пределах 0,1 ... 1 кОм, а R2 — 22...

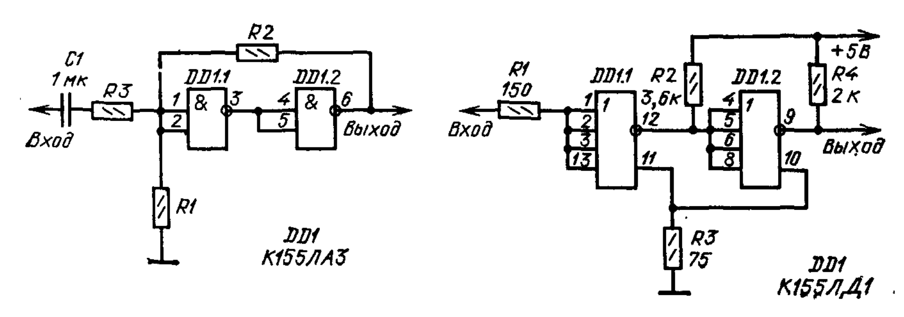


Рис. 20. Принципиальная схема порогового устройства на элементе ТТЛ

Рис. 21. Принципиальная схема порогового устройства на микросхеме К155ЛД1

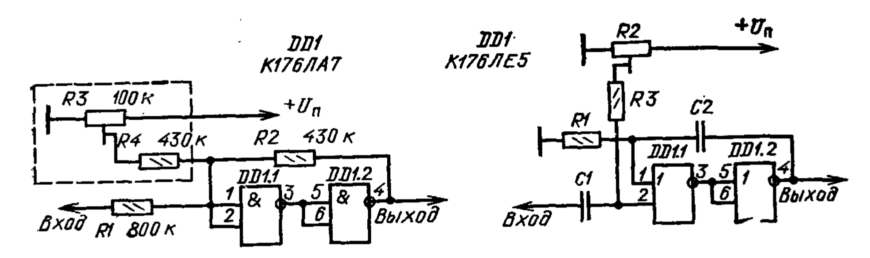


Рис. 22. Принципиальная схема порогового устройства на элементе КМОП

Рис. 23. Принципиальная схема порогового устройства с «памятью»

... 100 Ом. Недостатком такого устройства является несколько повышенное, чем обычно, напряжение низкого логического уровня, за счет падения напряжения на резисторе R3.

Выполнить пороговый элемент можно и на элементах КМОП (рис. 22). Его отличительной особенностью является экономичность, а недостатком — низкая чувствительность. Поскольку элементы КМОП работают без входных токов и обладают невысокой нагрузочной способностью по току, то сопротивления резисторов R1 и R2 обычно выбирают большими — десятки и сотни килоом. Для повышения чувствительности устройства на его вход следует подавать начальное смещение от источника питания через делитель R3R4.

При контроле сигнала, уровень которого может изменяться в больших пределах, например музыкального сигнала, возможна ситуация, когда сигнал на очень короткое время превысит пороговое значение. Хотя устройство и сработает, но этого времени может не хватить, например, для включения индикатора. В таком случае будет полезным пороговое устройство с «памятью» (рис. 23), которое на определенное время сохранит информацию о том, что сигнал превысил пороговое напряжение или был меньше него. От предыдущего устройства оно отличается тем, что в цепь ПОС между выходом элемента DD1.2 и одним из входов элемента DD1.1 включен конденсатор C2. Как только на выходе элемента DD1.2 появляется напряжение высокого уровня, оно через конденсатор C2 поступает на вход элемента DD1.1. В таком состоянии устройство остается до тех пор, пока не зарядится этот конденсатор, даже в том случае, если уровень входного сигнала станет ниже порогового значения. Время, в течение которого информация о превышении сигнала хранится в устройстве, определяется постоянной времени цепи R1C2.

В каких же конструкциях можно применить пороговые устройства? В приборах, сигнализирующих об изменении напряжения, сигнала, в реле времени (таймеры), различных индикаторах, генераторах и многих других.

Генераторы

Цифровые микросхемы широко используют для генерирования сигналов с разными параметрами. Благодаря большому коэффициенту усиления и хорошим частотным свойствам на базе их логических элементов удается реализовать генераторы с частотой от долей герца до десятков и сотен мегагерц, к тому же самой различной формы.

В принципе, генератор электрических колебаний представляет собой один или несколько усилительных каскадов, охваченных обратной связью с частотно-зависимыми сопротивлениями, которые и обеспечивают генерацию на требуемой частоте. В качестве частотно-задающих элементов генераторов используют RC, LC, RLC-цепи, а также пьезокерамические и кварцевые резонаторы.

Схема генератора с RC частотно-задающей цепью и временные диаграммы, поясняющие его работу, приведены на рис. 24. Принцип его работы основан на процессе зарядки-разрядки конденсатора C через резистор R. Через этот резистор осуществляется ООС по постоянному току, а через конденсатор — ПОС по переменному. Предположим, что в начальный момент конденсатор разряжен, на выходе элемента DD1.2 действует напряжение низкого уровня — начнется заряд конденсатора (рис. 24, участок а). По мере его зарядки напряжение на нем увеличивается, а на выходе элемента DD1.1 — уменьшается (рис. 24, участок б). Когда напряжение на выходе элемента DD1.1 станет соответствовать низкому уровню, выходное напряжение элемента DD1.2 начнет увеличиваться. Этот прирост напряжения через конденсатор поступает на вход элемента DD1.1, что приводит к резкому уменьшению его выходного напряжения, значит, к резкому увеличению выходного напряжения элемента DD1.2, что, в свою очередь, приводит к резкому уменьшению напряжения на выходе элемента DD1.1 и т. д. Таким образом, устройство скачком переключается в другое состояние — с напряжением высокого уровня на выходе элемента DD1.2 (рис. 24, участок в).

С этого момента начнется перезаряд конденсатора, в результате чего напряжение на входе элемента DD1.1 уменьшается; а на его выходе — увеличивается (рис. 24, участок г). Когда напряжение на выходе элемента DD1.1 достигает напряжения высокого уровня, устройство скачком переключается в исходное состояние и процесс повторяется.

В таком генераторе можно использовать элементы ТТЛ, КМОП и ЭСЛ, но, в зависимости от конкретных элементов, на нее накладываются определенные ограничения. Для элементов КМОП сопротивление резистора может быть от

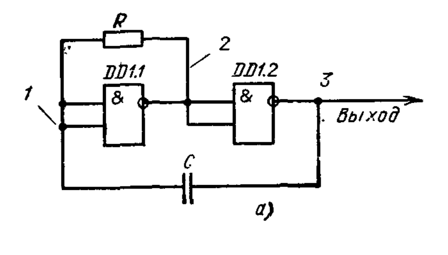


Рис. 24. Генератор с RC частотно-задающей цепью (а) и графики (б), поясняющие его работу

единиц килоом до десятков мегаом, а емкость конденсатора — от десятков пикофарад до сотен микрофарад, а вот для элементов ТТЛ сопротивление резистора ограничено более узкими рамками, о чем уже говорилось ранее.

Частоту генерации можно определить по приближенной формуле

F=0,7/RC.

Учитывая, что элементы КМОП имеют ограничения по частотному диапазону, рекомендовать их можно для генераторов на частоты до 2 ... 4 МГц. Для более высокочастотных генераторов следует применять элементы ТТЛ или ЭСЛ. Перестройку частоты генераторов можно осуществлять с помощью переменных резистора или конденсатора. Температурная стабильность таких генераторов невысока и для ее повышения используют конденсаторы с определенным ТКЕ.

Устройство, собранное по схеме рис. 24, генерирует прямоугольные импульсы со скважностью примерно равной 2 (скважность — отношение периода следования импульсов к их длительности). Если же скважность импульсов необходимо изменять, сохраняя при этом частоту их следования, надо синхронно изменять цепи зарядки и разрядки конденсатора. Как это реализовать, показано на рис. 25. Здесь для регулировки скважности импульсов используют потенциометр R1. В среднем положении его движка, когда время зарядки и разрядки конденсатора C1 примерно одинаково, скважность близка к 2. При перемещении движка в ту или иную сторону время зарядки будет, например, уменьшаться, а разрядки — увеличиваться, это приведет к изменению скважности, при этом частота следования будет изменяться незначительно. В таком генераторе можно регулировать скважность примерно от 1,01 до 100.

Если необходимо получить сигнал синусоидальной формы или повысить стабильность частоты, то в частотно-задающей цепи надо использовать LC-контур, который будет выполнять еще и фильтрующую функцию, подавляя гармонические составляющие высших порядков. Схема такого варианта генератора [8] приведена на рис. 26,*а*, его удобно использовать для частот более 3 ... 5 МГц. Сигнал снимают с катушки L2, он имеет синусоидальную форму. Катушка L1 имеет отвод от середины, а соотношение витков этих катушек должно быть как 1 : 7. Схема генератора на элементе ТТЛ с частотно-задающей цепью на последовательном LC-контуре приведена на рис. 26,*б* [43].

Простой генератор на элементах КМОП и LC-контуре можно собрать по схеме рис. 27. В нем через резистор R1 и катушку индуктивности L1 осуществляется ООС по постоянному току, благодаря чему при изменении питающего напряжения обеспечивается устойчивая работа генератора в широких пределах. Так как входное сопротивление элемента составляет сотни килоом — единицы мегаом, он слабо шунтирует контур C1L1C2, поэтому добротность контура будет достаточно большой, что обеспечивает хорошую форму сигнала. Чтобы нагрузка не оказывала

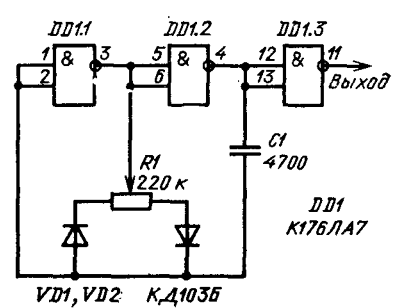


Рис. 25. Принципиальная схема генератора с регулируемой скважностью импульсов

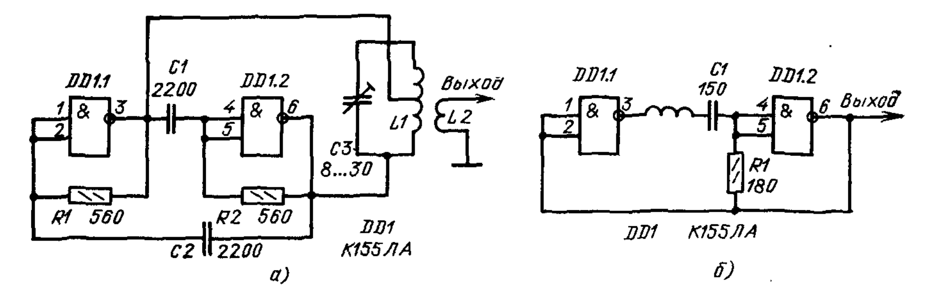


Рис. 26. Принципиальные схемы LC-генераторов на элементах ТТЛ

существенного влияния на частоту генератора, связь с ней осуществляется через конденсатор C3 небольшой емкости. Для повышения добротности контура емкость конденсатора C2 следует выбирать в 2—4 раза больше емкости конденсатора C1. Частоту генерации можно определить по формуле

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{C1C2}{C1+C2}}}.$$

Общий недостаток описанных выше генераторов — сравнительно невысокая стабильность генерируемой частоты ($10^{-3} ... 10^{-4}$ 1/град). Для повышения стабильности применяют пьезокерамические и кварцевые резонаторы, включая их, например, вместо конденсатора в цепи ПОС (см. рис. 24), чем обеспечивают мягкий режим самовозбуждения. Однако при таком способе включения резонаторов возможно возникновение генерации на частотах, отличных от собственной частоты резонатора. Чтобы этого не произошло, используют различные способы фазовой или амплитудной селекции нужной частоты.

На рис. 28 приведена схема генератора с кварцевой стабилизацией частоты в диапазоне 2 ... 10 МГц [9, 10]. Здесь конденсаторы C1 и C2 служат для подавления возможной паразитной генерации на частотах, отличных от частоты кварцевого резонатора BQ1. Для устранения влияния нагрузки на частоту генератора применен буферный элемент DD1.3. Настройка заключается в ус-

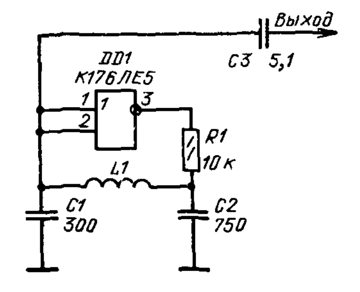


Рис. 27. Принципиальная схема генератора на LC-контуре и элементе КМОП

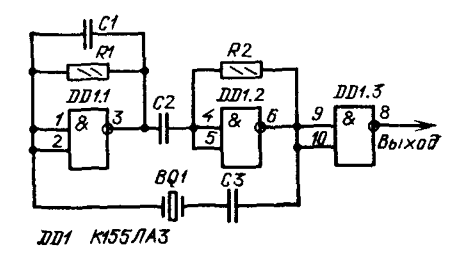


Рис. 28. Генератор на элементах ТТЛ с кварцевой стабилизацией частоты

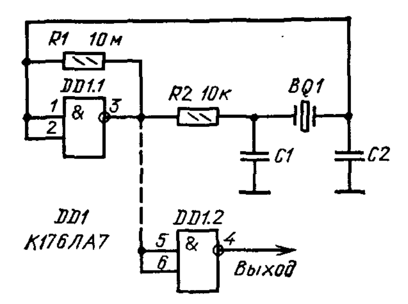


Рис. 29. Генератор на элементах КМОП с кварцевой стабилизацией частоты

Таблица 2. Данные элементов для разных диапазонов частот

Частота, МГц	R1, R2, кОм	C1, пФ	C2, пФ
2	1	100	10 000
2...3	1	68	2200
3...5	1	47	1000
4...10	0,47	10	1000

тановке генерируемой частоты с помощью подбора емкости конденсатора С3. В табл. 2 приведены данные элементов для разных диапазонов частот.

Генератор с кварцевой стабилизацией частоты можно собрать всего на одном элементе КМОП (рис. 29). В нем резистор R1 выводит элемент DD1.1 на линейный участок передаточной характеристики. Резистор R2 выполняет одновременно несколько функций: обеспечивает дополнительный сдвиг фаз в цепи ООС по переменному току, предотвращает возможность паразитного самовозбуждения, снижает мощность, рассеиваемую на кварцевом резонаторе, что благотворно сказывается на стабильности частоты, а также ослабляет шунтирующее действие элемента на кварцевый резонатор, что также повышает стабильность частоты. Благодаря этому генератор на частоту 500 кГц, собранный на элементе микросхемы К176ЛА7, имеет нестабильность частоты не более $\pm 0{,}1 \ldots 0{,}5 \cdot 10^{-6}$ при изменении напряжения источника питания в пределах ± 10 %.

Сопротивление резистора R1 может быть 0,1 ... 20 МОм, причем при большем его сопротивлении увеличивается влияние паразитных наводок, а при меньшем — ухудшается стабильность частоты. Сопротивление резистора R2 может быть от единиц до десятков килоом. Конденсаторы С1 и С2 емкостью от нескольких пикофарад до долей микрофарады должны быть с минимально возможным ТКЕ. Для повышения стабильности на выходе генератора полезно установить буферный каскад на элементе DD1.2.

Возможность практического использования описанных генераторов в различных конструкциях рассмотрим в следующем разделе книги.

Стабилизаторы напряжения, смесители, детекторы, аттенюаторы

На элементах ТТЛ можно строить разные по сложности стабилизаторы напряжения. Простейший из них можно собрать по схеме, приведенной на рис. 30. Здесь элемент ТТЛ изображен в упрощенном виде [11]: входной многоэмиттерный транзистор обозначен диодами VD1 — VD3, транзисторы VT1 и VT3 включены по схеме составного транзистора. Резистор R4 в работе стабилизатора практически не участвует, он лишь ограничивает выходной ток транзисторов.

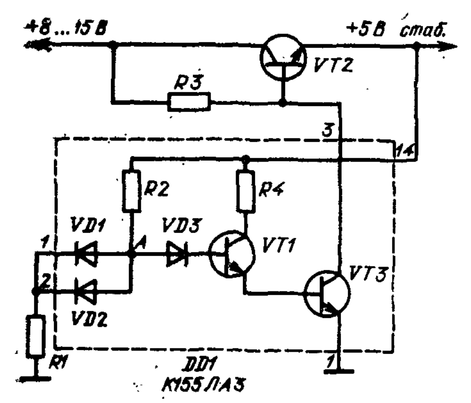


Рис. 30. Стабилизатор напряжения на элементах ТТЛ

Как работает такой стабилизатор? После подачи входного напряжения транзистор VT2 начинает открываться, транзисторы VT1 и VT3 пока еще закрыты из-за недостаточного напряжения на их базах. Вскоре напряжение в точке А достигает значения, достаточного для открывания этих транзисторов. Как только это произойдет, напряжение на базе регулирующего транзистора VT2 уменьшится и устройство переходит в режим стабилизации выходного напряжения. Благодаря большому коэффициенту усиления по току составного транзистора VT1VT3 удается получить достаточно большой коэффициент стабилизации.

Выходное напряжение, при котором наступает режим стабилизации, зависит от соотношения сопротивлений резисторов R2 и R1. Поскольку R2 относится в внутренней «начинке» микросхемы, то установка требуемого уровня выходного напряжения сводится к подбору резистора R1. Его сопротивление можно определить, исходя из того, что для открывания транзисторов VT1 и VT3 в точке А напряжение должно быть примерно 2,1 В. Значение этого напряжения зависит в основном от соотношения номиналов резисторов R2 и R1 и, если известно сопротивление резистора R2, то напряжение стабилизации можно определить по упрощенной формуле

$$U_{стаб}=2{,}1+1{,}4(R2/R1).$$

Сопротивления резисторов для разных элементов ТТЛ известны: 2 кОм — для серий К155, К133, 10 кОм — для серии К134, 1,5 кОм — для серий К130, К131. Поэтому остается только установить резистор R1 требуемого номинала и стабилизатор готов к работе. На практике в качестве резистора R1 предпочитают использовать подстроечный, сопротивлением в 1,5 ... 2 раза больше расчетного. Более подробно аналогичный стабилизатор описан далее.

Стабилизаторы напряжения можно сделать и на основе элементов ЭСЛ, в этом легко убедиться, взглянув на принципиальную схему этого элемента, в ней явно видны элементы стабилизатора — это и источник опорного напряжения и входной дифференциальный каскад. На элементах КМОП этого сделать не удается, так как они не содержат элементов с явно нелинейной вольт-амперной характеристикой, пригодных для построения стабилизаторов.

Преобразователь частоты радиотехнического устройства образуют обычно два узла: гетеродин и смеситель. В качестве гетеродина можно использовать один из генераторов, описанных выше. Смеситель также можно сделать на базе элементов. В принципе, любой двухвходовый элемент может выполнять функции смесителя (рис. 31). Если на его вход подавать сигналы с логическими уровнями и с частотами F_1 и F_2, то на его выходе можно получить сигналы с разностными и суммарными частотами, в том числе множество гармонических составляющих. Для выделения разностной частоты на выходе элемен-

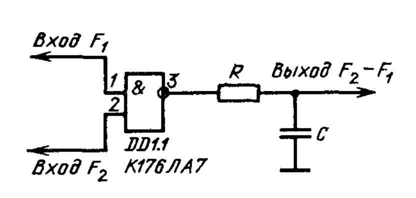


Рис. 31. Смеситель частоты цифровых сигналов

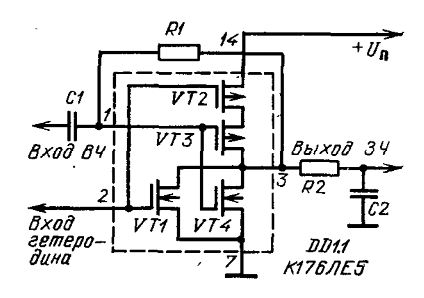


Рис. 32. Смеситель частоты аналогового и цифрового сигналов

та можно установить простой RC-фильтр с требуемой частотой среза. Но форма сигнала на выходе фильтра будет, конечно же, не прямоугольной.

Смеситель аналоговых сигналов, точнее, одного — аналогового, а другого — цифрового, можно также собрать на двухвходовом элементе (рис. 32). По схемному построению он аналогичен управляемому усилителю (см. рис. 16). На вход ВЧ подается аналоговый высокочастотный сигнал с амплитудой до 0,5 В, а на гетеродинный вход — сигнал с логическими уровнями от генератора. На выходе элемента формируются сигналы с суммарно-разностными частотами. Если необходимо выделить сигнал звуковой частоты, то на выходе устанавливается фильтр ЗЧ, а если сигнал промежуточной частоты, то фильтр ПЧ.

Работа этого смесителя основана на том, что при подаче на гетеродинный вход напряжения низкого уровня транзистор VT1 закрыт и в работе в этот момент не участвует, VT2 открыт. Поэтому за счет ООС через резистор R1 транзисторы VT3 и VT4 выйдут на линейный участок передаточной характеристики и элемент будет работать как усилитель. Если на гетеродинный вход подать напряжение высокого логического уровня, то транзистор VT1 откроется, а транзистор VT2 закроется и элемент выйдет из усилительного режима. Если на гетеродинный вход подать импульсный сигнал, то коэффициент передачи элемента будет меняться, т. е. он станет работать как смеситель сигнала. Описанные смесители нашли применение в некоторых конкретных конструкциях, описанных ниже.

Элементы пригодны также и для детектирования АМ сигналов. Обычно для этой цели используют полупроводниковые диоды или транзисторы. Но достаточно беглого взгляда на передаточные характеристики элементов, чтобы убедиться, что их характеристики в точках перегиба нелинейны, поэтому они пригодны для детектирования АМ сигналов. Так, при реализации детектора на элементе ТТЛ рабочую точку следует устанавливать на участке б—в или г—д (см. рис. 2). Благодаря высокой крутизне передаточной характеристики следует ожидать, что двухвходовый элемент будет детектировать сигналы не с меньшей амплитудой, чем, например, диодный детектор, но меньшего динамического диапазона. Эти предположения полностью подтверждаются результатами эксперимента.

На рис. 33,*а* приведена схема детектора АМ сигналов на элементе ТТЛ. Диапазон линейно детектируемых сигналов составляет 20 ... 100 мВ, детектор работает до частоты 10 МГц. Одновременно с сигналом ЗЧ с выхода детектора можно снимать сигнал для системы АРУ. Резистором R1 устанавливают на

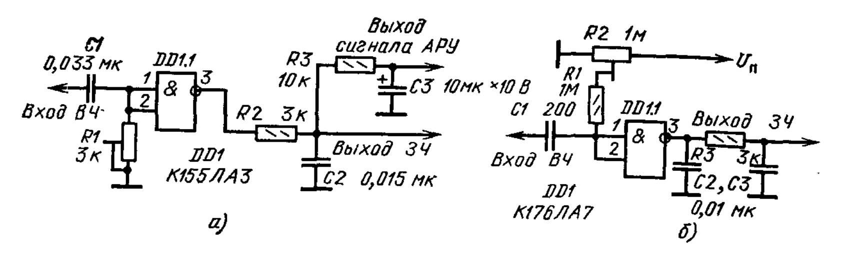


Рис. 33. Схемы АМ детекторов

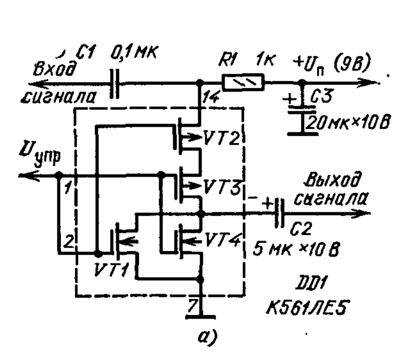
выходе постоянное напряжение 2,5 ... 3 В, которое снимают с конденсатора С3. Оно может использоваться для питания базовых цепей первого каскада УПЧ радиоприемника. При увеличении входного сигнала до 100 мВ постоянное напряжение на выходе сигнала АРУ уменьшается до 0,5 ... 0,8 В.

Недостатком такого детектора является его низкое входное сопротивление, что затрудняет согласование с УПЧ. Более высокое сопротивление можно получить, применяя элементы КМОП, кроме того, он более экономичен. Схема такого детектора приведена на рис. 33,*б*, он начинает детектировать сигналы, начиная с амплитуды 20 ... 30 мВ, что позволяет снизить коэффициент усиления тракта ПЧ.

Общий недостаток описанных здесь АМ детекторов — необходимость для нормальной работы стабилизированного источника питания, что не всегда возможно. Этот недостаток устраним, если в качестве АМ детектора использовать усилитель с нелинейной ООС, схема такого варианта АМ детектора будет описана далее подробно.

Следующим устройством на логическом элементе может быть электрически управляемый аттенюатор. Обычно в таких устройствах применяют полупроводниковые диоды, оптроны, полевые транзисторы. Но ведь элементы микросхем серий К176, К561, К564 как раз и состоят из полевых транзисторов, поэтому при соответствующем их включении они могут выполнять функции электрически управляемых аттенюаторов.

Схема одного из них приведена на рис. 34,*а*. На шину питания элемента через конденсатор С1 подается сигнал, одновременно через резистор R1 на



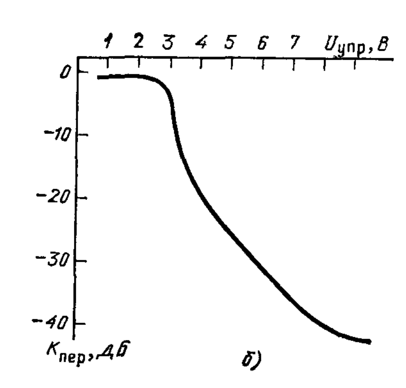
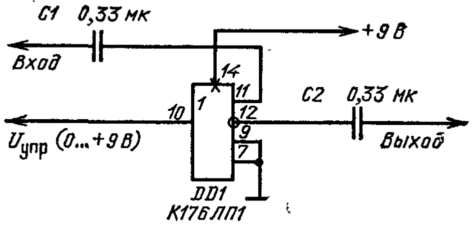


Рис. 34. Схема аттенюатора на элементе КМОП (*а*) и его характеристик (*б*)

Рис. 35. Схема аттенюатора на микросхеме К176ЛП1



нее же подается постоянное напряжение. Если управляющее напряжение соответствует низкому логическому уровню, то транзисторы VT2, VT3 открыты, а VT1 и VT4 — закрыты, поэтому практически все напряжение сигнала поступает на выход, т. е. затухание, вносимое аттенюатором, близко к 0 дБ (рис. 34,*б*). Когда управляющее напряжение увеличивается, то транзисторы VT1 и VT4 постепенно открываются, а VT2 и VT3 — закрываются. Теперь напряжение сигнала перераспределяется между этими транзисторами, поэтому на выходе оно все более уменьшается. Когда же управляющее напряжение достигает высокого уровня, транзисторы VT2 и VT3 окажутся полностью закрытыми, а VT1 и VT4 — открытыми, поэтому напряжение сигнала на выходе мало. Из-за наличия паразитных каналов прохождения сигнала и конечности сопротивлений открытых транзисторов, затухание, вносимое этим аттенюатором, не превышает 40 ... 60 дБ. Зависимость коэффициента передачи от управляющего напряжения на частоте 500 кГц и на высокоомной нагрузке при напряжении питания 9 В и входном напряжении 300 мВ приведена на рис. 34,*б*. Использовать такой аттенюатор можно в системах АРУ радиовещательных радиоприемников, в других устройствах, где требуется электронное или дистанционное управление коэффициентом передачи.

Недостатком такой схемы является то обстоятельство, что напряжение входного сигнала подается на шину питания. Чтобы его устранить, можно использовать элемент КМОП, у которого исток транзистора с р-каналом не соединялся бы с шиной питания. Такой микросхемой является 176ЛП1, которая представляет собой универсальный логический элемент. Схема аттенюатора на этой микросхеме приведена на рис. 35. Эту микросхему можно также использовать в устройствах, в которых требуется электрически управляемое сопротивление: перестраиваемые фильтры, генераторы. Примером может служить генератор с электронной перестройкой частоты, описанный в [12].

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Сенсорный выключатель

Этот выключатель [40] имеет двухконтактный сенсорный элемент, при касании к которому пальцем напряжение питания от источника подается в нагрузку, а при следующем касании отключается. Он экономичен, поэтому может использоваться в радиоаппаратуре с питанием от гальванических элементов или батареи аккумуляторов.

Схема выключателя приведена на рис. 36,*а*. В момент включения питающего напряжения конденсаторы C1 и C2 разряжены, на входе элемента DD1.1 — напряжение низкого уровня, а на его выходе напряжение высокого уровня. На выходе элемента DD1.3 в это время напряжение высокого уровня,

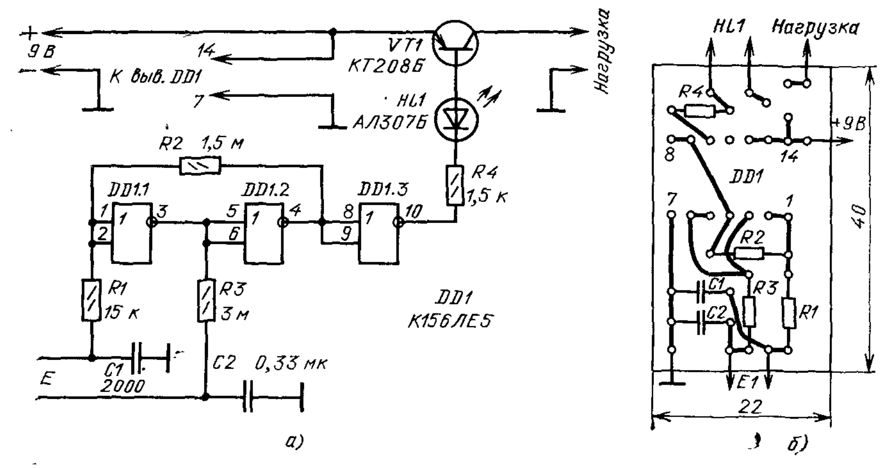


Рис. 36. Принципиальная схема (*а*) и монтажная плата (*б*) сенсорного выключателя

поэтому транзистор VT1 закрыт, нагрузка обесточена, а светодиод не горит. Резистор R2 создает между выходом элемента DD1.2 и входом DD1.1 положительную обратную связь по постоянному току, поэтому эти элементы находятся в устойчивом состоянии. Сам выключатель может находиться в таком состоянии сколь угодно долго. При этом значение тока, потребляемого выключателем, определяется только токами утечки микросхемы (доли микроампер), что значительно меньше тока саморазряда гальванических элементов или аккумуляторов.

Примерно через 1 с после включения питания конденсатор C2 заряжается до напряжения питания. Если теперь прикоснуться к сенсорному элементу, то напряжение высокого логического уровня через палец поступит на конденсатор C1 и вход элемента DD1.1. При этом на выходах элементов DD1.1 и DD1.3 появится напряжение низкого логического уровня, загорится светодиод HL1, откроется транзистор VT2 и напряжение питания поступит на нагрузку. За счет положительной обратной связи (ПОС), созданной резистором R2, выключатель в этом состоянии может также находиться сколь угодно долго.

В таком состоянии конденсатор C2 разряжен, поэтому при следующем касании к сенсорному элементу на вход элемента DD1.1 поступает низкий логический уровень и выключатель отключает нагрузку от источника питания. При следующем касании к сенсорному элементу выключатель принимает проводящее состояние и т. д.

Все детали выключателя, кроме сенсорного элемента и светодиода, монтируют на печатной плате из фольгированного текстолита (рис. 36,*б*). Сенсорный элемент представляет собой две токопроводящие площадки, разделенные изолирующим промежутком. Светодиод, размещенный на передней панели устройства, сигнализирует о включении нагрузки. О возможной замене деталей для этой конструкции будет сказано в конце книги в специальном разделе, транзистор VT1 может быть КТ208А — КТ208К, КТ361А — КТ361Д, МП39 — МП42, МП25 — МП26. Конкретный тип транзистора выбирают исходя из мощности коммутируемой нагрузки. Ток нагрузки $I_{нагр}$, который не должен превышать

максимально допустимого тока коллектора, а статический коэффициент передачи тока транзистора должен быть $h_{21Э} \geqslant I_{нагр}/I_Б$, где $I_{нагр}$ — максимальный ток нагрузки, $I_Б$ — ток базы (3 мА при питающем напряжении 9 В). Светодиод из схемы можно исключить, если не требуется световой индикации, и установить вместо него проволочную перемычку. Выключатель налаживания не требует и может работать при напряжении питания 6 ... 10 В (при использовании микросхем серий К561, К564 — 6 ... 15 В).

Таймер

Таймер, или устройство выдержки времени, может пригодиться для автоматического включения или выключения через определенный промежуток времени какого-либо другого радиотехнического устройства, например переносного радиоприемника. Схема экономичного таймера приведена на рис. 37,*а*.

В исходном состоянии на входе элемента DD1.1 возникает напряжение низкого уровня, на выходе элемента DD1.1 — напряжение высокого уровня, транзисторы закрыты и нагрузка обесточена. В таком состоянии таймер может находиться сколь угодно времени.

При кратковременном нажатии на кнопку SB1 конденсатор С1 заряжается, на входе элемента DD1.1 возникает напряжение высокого уровня, на выходе элемента DD1.3 — низкого, оба транзистора открываются и нагрузка подключается к источнику питания GB1. В таком состоянии таймер находится до тех пор, пока напряжение на конденсаторе С1 соответствует высокому уровню. Как только оно уменьшается до низкого уровня, на выходе элемента DD1.3 появится напряжение высокого уровня, транзисторы закроются и отключат нагрузку от источника питания.

В положении, показанном на схеме, осуществляется задержка выключения нагрузки после нажатия кнопки SB1 «Пуск» на время, определяемое номиналами резистора R1 и конденсатора С1. Использование полевого транзистора VT1 позволяет значительно повысить экономичность устройства — ни в одном из режимов работы таймер практически не потребляет ток от источника

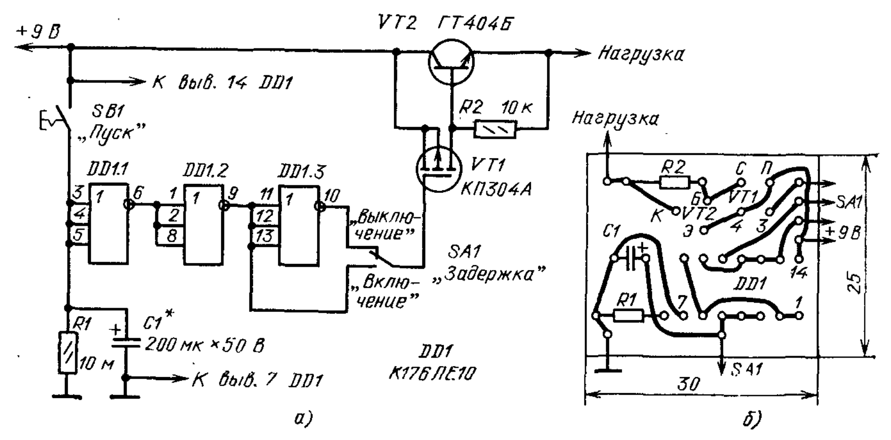


Рис. 37. Схема экономичного таймера (*а*) и его монтажная плата (*б*)

питания. При переводе переключателя SA1 в другое положение осуществляется задержка включения нагрузки после нажатия кнопки SB1.

Если экономичности от таймера не требуется, то полевой транзистор из схемы можно исключить, подключив базу транзистора VT2 через резистор 1 кОм к переключателю SA1. При этом параметры транзистора следует подобрать с учетом требований, описанных в предыдущей конструкции.

Детали таймера размещают и монтируют на печатной плате (рис. 37,*б*). Налаживание сводится к установке длительности задержки времени включения или выключения подбором емкости конденсатора C1 и сопротивления резистора R1.

Таймер-индикатор разрядки батареи

Аккумуляторная батарея 7Д-0,115 широко используется радиолюбителями для питания различной малогабаритной аппаратуры, чаще всего радиоприемников. Чтобы она долго и эффективно работала, необходимо аккуратно выдерживать режим ее эксплуатации, не допуская перезаряда и глубокой разрядки. Чтобы в процессе эксплуатации не вывести батарею из строя, ее не следует разряжать до напряжения менее 1 В на каждый элемент. Однако следить за напряжением батареи в процессе ее эксплуатации не всегда представляется возможным. В таких случаях полезным может стать сигнализатор или индикатор разрядки батареи. Экономному расходованию энергии батареи может служить таймер, предупреждающий глубокую разрядку батареи в случае, если аппаратуру забыли вовремя выключить. Предлагается для повторения простое устройство [41], совмещающее в себе функции индикатора разряда батареи и таймера (рис. 38).

Оно состоит из источника опорного напряжения на обратносмещенном эмиттерном переходе транзистора VT1, порогового устройства на элементе DD1.1, буферного каскада на элементе DD1.2 и генератора импульсов на элементах DD1.3 и DD1.4. Транзистор VT2 выполняет функцию электронного ключа.

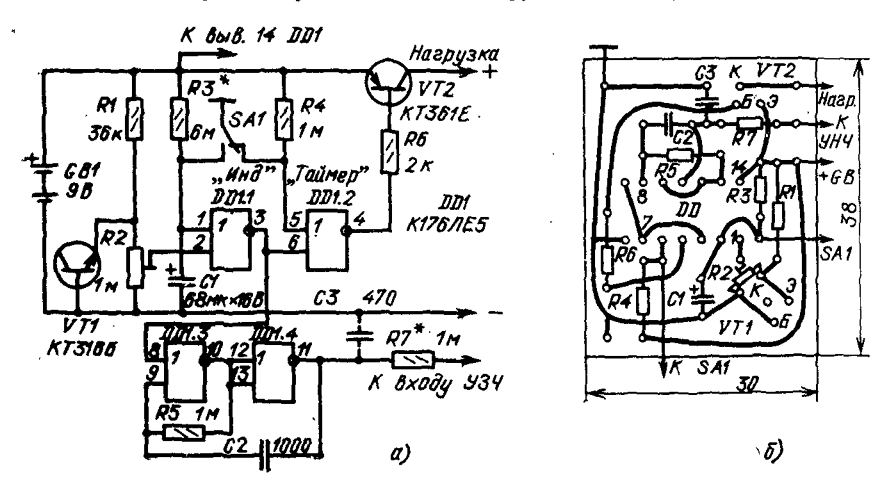


Рис. 38. Схема таймера-индикатора разрядки батареи питания (*а*) и его монтажная плата (*б*)

Рассмотрим работу устройства в режиме «Индикатор». В этом режиме, установленном переключателем SA1, вывод 1 элемента DD1.1 соединен с общим проводом, а на вывод 2 поступает стабильное напряжение, соответствующее низкому логическому уровню. На выводе 8 элемента DD1.3 генератора, как и на выходе элемента DD1.1, в это время будет напряжение высокого уровня, поэтому генератор не работает. Транзистор VT2 открыт, и нагрузка, например радиоприемник, оказывается подключенной к батарее GB1.

Как известно, уровни напряжения, соответствующие логическим уровням 0 или 1, у логических микросхем КМОП структуры существенно зависят от напряжения питания и составляют: $U(1) \geqslant U_{пит}/2$; $U(0) \leqslant U_{пит}/2$, где $U_{пит}$ — напряжение питания. Так как напряжение на выводе 2 элемента DD1.1 стабильно, то при уменьшении напряжения питающей батареи, уровень напряжения на нем в определенный момент соответствует уровню логической 1. Поэтому на выходе этого элемента появляется напряжение низкого уровня, в результате чего начинает работать генератор импульсов. Через резистор R7 импульсы генератора поступают на вход усилителя ЗЧ радиоприемника и в его динамической головке появляется сигнал, свидетельствующий о том, что батарея разрядилась и ее необходимо подзарядить.

В этом режиме работы на один из входов элемента DD1.2 поступает напряжение высокого уровня, поэтому на его выходе будет постоянно низкий уровень, а транзистор VT2 также постоянно открыт.

При установке переключателя в положение «Таймер» на вывод 5 элемента поступает напряжение низкого уровня и через резистор R3 начнется заряд конденсатора C1. Пока напряжение на нем соответствует низкому уровню, на выходе элемента DD1.1 будет напряжение высокого уровня, на выходе DD1.2 — низкого и транзистор VT2 — открыт. Когда же напряжение на конденсаторе C1 достигает высокого уровня, на выходе элемента DD1.1 появляется напряжение низкого уровня, а на выходе DD1.2 — высокий, отчего транзистор VT2 закроется и приемник или другое устройство отключится от батареи.

Для повторной установки устройства в режим «Таймер» необходимо перевести переключатель SA1 в положение «Индикатор», а затем снова в положение «Таймер». Если в режиме «Таймер» напряжение батареи уменьшается до критического уровня, то устройство отключает приемник от батареи.

В устройстве в качестве транзистора VT1 можно применить транзисторы КТ316А — КТ316Г, КТ315—КТ315Д. Транзистор следует подобрать с напряжением стабилизации не более 6 ... 6,5 В. Взамен него подойдет стабилитрон с тем же напряжением стабилизации, но в этом случае придется уменьшить сопротивление резистора R1 до 200 ... 500 Ом. В этом случае, конечно же, резко возрастет ток, потребляемый собственно устройством. Требования к транзистору VT2 остаются такими же, что и в предыдущих конструкциях, исходя из них следует выбрать его тип. Конденсатор C1 необходимо выбрать с минимальным током утечки, что повысит стабильность работы устройства. Переключатель может быть любого типа.

Все детали, кроме переключателя, монтируют на печатной плате (рис. 38,б). Устройство включают между батареей и нагрузкой. Регулировка сводится к установке резистором R2 порога срабатывания устройства при напряжении батареи 7 В. Для этого движок этого резистора устанавливают в нижнее по схеме положение, подключают устройство к батарее или блоку питания с напряжением 6,9 ... 7 В в режиме «Индикатор» и, медленно перемещая

движок резистора R2, добиваются появления звука в динамической головке. Резистор R7 подключают ко входу усилителем ЗЧ радиоприемника и, если надо, подбором его сопротивления устанавливают требуемую громкость сигнала. Тональность сигнала можно изменять подбором емкости конденсатора C2 или сопротивлением резистора R5. Возможное самовозбуждение генератора на высокой частоте устраняют включением конденсатора C3, место включения которого показано штриховыми линиями. Время выдержки таймера устанавливают подбором емкости конденсатора C1 или резистором R3.

Индикатор напряжения

Такое устройство (рис. 39,*а*) можно встроить непосредственно в радиоаппаратуру для контроля напряжения питающей батареи и определения степени ее разрядки [13]. В нем использован знаковый светодиодный индикатор АЛС324А. Сегменты b, e и f индикатора подключены к питающей шине через резисторы R4—R6 и светятся постоянно. Сегменты a, c и g подключены к выходу дешифратора, собранного на элементах DD2.2 — DD2.4. Элементы DD1.1 и DD1.4, а также DD1.2, DD1.3 и DD1.5, образуют пороговые устройства, срабатывающие при определенном уровне питающего напряжения. Питается индикатор от стабилизатора напряжения (стабилитрон VD2, транзистор VT1). Напряжение источника питания через стабилитрон VD1 поступает на подстроечные резисторы R1 и R2, которыми устанавливаются пороги срабатывания пороговых устройств.

Если напряжение батареи в нормальных пределах, индикатор высвечивает букву Н, если оно находится ниже предельного уровня, то букву Р, а если превышает, то светится буква П. Такое устройство удобно использовать в аппаратуре, питающейся от аккумуляторной батареи, но, конечно, большей емкости, чем 7Д-0,115. Оно также позволит контролировать как процессы разряда, так и заряда.

Монтажная плата и размещение на ней элементов показаны на рис. 39,*б*. Налаживание сводится к установке резисторами R1 и R2 требуемых порогов

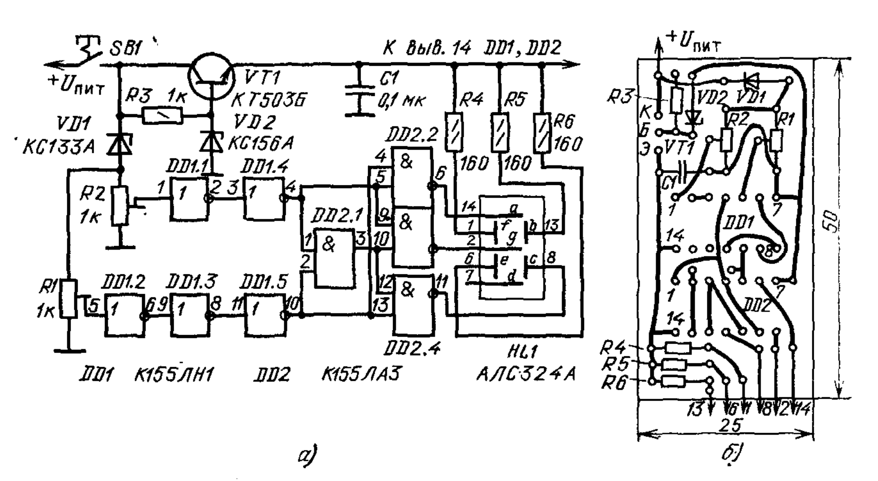


Рис. 39. Схема индикатора напряжения (*а*) и его монтажная плата (*б*)

индикации напряжения, первым из них устанавливается напряжение верхнего порога, а вторым — нижнего. Для повышения экономичности индикатор подключают к батарее не постоянно, а кратковременно, для этого служит кнопка SB1.

Индикатор уровня сигнала

Этот индикатор [14] можно использовать в магнитофоне как индикатор уровня записи, в радиоприемнике — как индикатор настройки, в усилителе ЗЧ — как индикатор выходной мощности. Он устойчиво работает в диапазоне частот 30 ... 30 000 Гц и обладает чувствительностью 0,1 ... 0,25 В. Динамический диапазон индицируемого сигнала составляет 10 ... 14 дБ, что позволяет использовать его, например, для индикации записываемых сигналов с уровнями —6 ... +3 дБ.

Основой индикатора являются четыре пороговых устройства, каждый из которых собран на одном логическом элементе микросхемы К155ЛА3 (рис. 40,*а*). При отсутствии входного сигнала на входах всех элементов действует напряжение высокого уровня, что достигается за счет установки на их входах резисторов R1 — R4. На выходах элементов возникает низкий уровень напряжения, поэтому светодиоды не светятся.

Когда на вход индикатора поступает переменное напряжение сигнала, то отрицательные полуволны приводят к тому, что на входе одного или нескольких элементов кратковременно появляется низкий логический уровень, а на их выходах — высокий, поэтому некоторые светодиоды светятся. Число горящих светодиодов зависит от амплитуды входного сигнала.

Все детали, кроме светодиодов, можно разместить на печатной плате (рис. 40,*б*). Налаживание индикатора сводится к установке момента срабатывания каждого порогового устройства при определенном уровне входного сигнала.

Подключать индикатор следует к точке схемы с малым выходным сопротивлением по постоянному току и постоянным напряжением не более 1 В, на вход индикатора устанавливать разделительный конденсатор нельзя. Если же эти требования соблюсти не удается, то необходимо доработать схему следующим образом. На его входе установить резистор 100 Ом и только в этом слу-

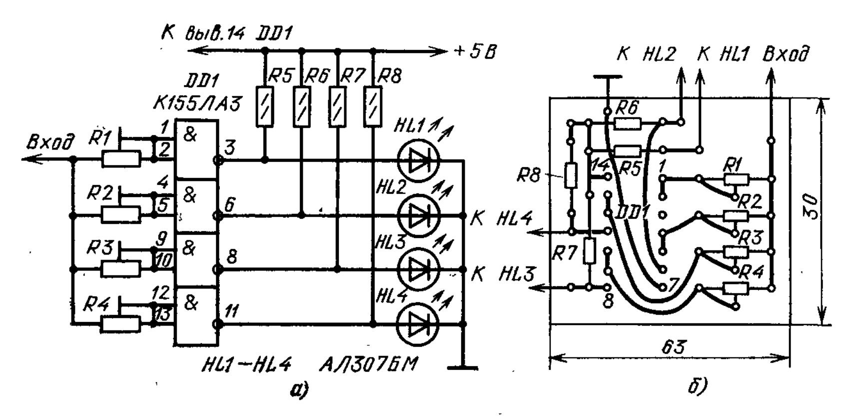


Рис. 40. Схема индикатора уровня сигнала (*а*) и его монтажная плата (*б*)

чае на входе установить разделительный конденсатор емкостью 50 ... 100 мкФ.

Расширить диапазон индицируемых напряжений можно путем увеличения числа таких индикаторов и соответствующей их регулировкой.

Пиковый цифровой индикатор выходной мощности усилителя ЗЧ

Описанный выше индикатор не позволяет индицировать кратковременные превышения уровня сигнала, что может привести к заметным искажениям. В этом повинен не сам индикатор, а человеческий глаз, не способный с высокой достоверностью зафиксировать короткий световой импульс. Для фиксирования кратковременных перегрузок используют пиковые индикаторы, обеспечивающие время индикации, достаточное для уверенного считывания показаний.

Схема пикового цифрового индикатора выходной мощности усилителя ЗЧ приведена на рис. 41. Он индицирует четыре градации выходной мощности усилителя (1, 3, 9 и 18 Вт) на нагрузках сопротивлением 4 и 8 Ом. Время индикации — не менее 0,5 с, даже если длительность перегрузки составляет всего 10 мкс. При желании время индикации можно увеличить либо, наоборот, уменьшить. Прибор состоит из четырех пороговых устройств с «памятью», каждое из которых собрано на элементах 2ИЛИ-НЕ, четырех буферных каскадов на транзисторах VT1—VT4 и двух семисегментных светодиодных индикаторов.

При подаче питающего напряжения загорается децимальная точка (сегмент h) индикатора HG1, свидетельствующая о его включении. Сигнал с выхода усилителя мощности ЗЧ поступает на переключатель SA1, положение которого должно соответствовать сопротивлению подключенной нагрузки. Отрицательные полуволны напряжения сигнала замыкаются через диод VD1 на «землю», а положительные поступают на входы пороговых устройств.

Рассмотрим работу одного из пороговых устройств, например верхнего по схеме, собранного на элементах DD1.1 и DD1.2. Если амплитуда входного сигнала вместе с постоянным напряжением, поступающим на вход (вывод 12) элемента DD1.1 с резистора R8, будет меньше высокого уровня, то на выходе элемента DD1.2 установится низкий уровень напряжения. Транзистор VT1 закрыт. Если же напряжение на входе порогового устройства даже на короткое время превысит высокий уровень, то на выходе элемента DD1.1 появится низкий уровень, а на выходе элемента DD1.2 — высокий, это напряжение через конденсатор C1 поступит на другой вход элемента DD1.1 и удержит пороговое устройство в таком состоянии до тех пор, пока не зарядится этот конденсатор. Время зарядки конденсатора определяется его емкостью и сопротивлением резистора R11. В это время транзистор VT1 будет открыт, загорятся сегменты b и c индикатора HG1 — индицируется цифра 1. Если уровень входного сигнала станет меньше порога срабатывания первого устройства, то после зарядки конденсатора оно вернется в исходное состояние и цифра 1 погаснет. Если же входной сигнал превышает порог срабатывания этого устройства, то цифра 1 горит.

При увеличении входного напряжения до уровня, соответствующего мощности 3 Вт, срабатывает второе пороговое устройство на элементах DD1.3 и DD1.4, открывается транзистор VT2 и начинают светиться сегменты a, g и

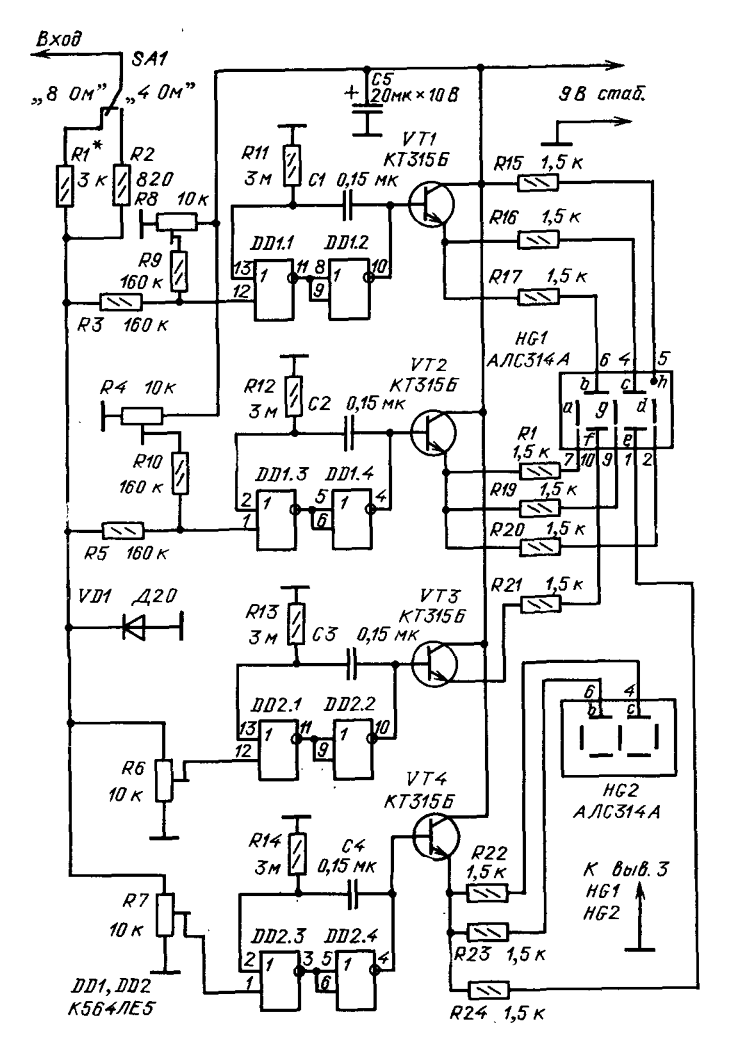


Рис. 41. Принципиальная схема пикового цифрового индикатора выходной мощности усилителя ЗЧ

d — индицируется цифра 3. При достижении входным напряжением уровня, при котором выходная мощность составляет 9 Вт, срабатывает третье пороговое устройство и начинает светиться сегмент f индикатора HG1 — индицируется цифра 9. Когда же мощность достигает значения 18 Вт, срабатывает четвертое пороговое устройство на элементах DD2.3 и DD2.4. В этом случае загораются сегменты е индикатора HG1 и сегменты b и с индикатора HG2, индицируя цифру 18.

Переключатель и светодиодные индикаторы можно расположить на передней панели усилителя, мощность которого индицирует описанное устройство. Остальные детали размещают на печатной плате из фольгированного текстоли-

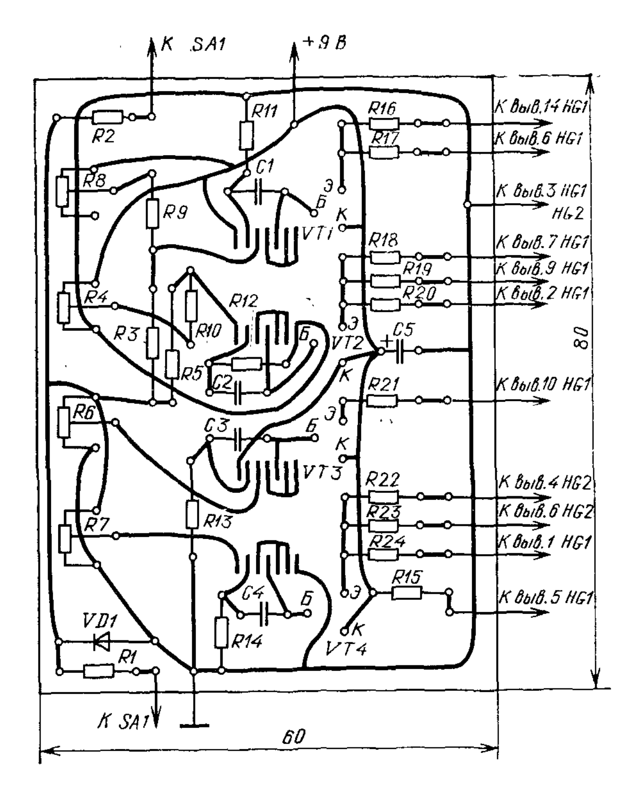


Рис. 42. Печатная плата пикового цифрового индикатора выходной мощности

та (рис. 42). Микросхемы устанавливают со стороны печатных проводников платы.

Налаживание устройства производят в следующей последовательности. Движки подстроечных резисторов устанавливают в нижнее по схеме положение, а переключатель SA1 в положение «4 Ом». Подав на вход постоянное напряжение 2 В (соответствует мощности 1 Вт на нагрузке 4 Ом), плавно вращают движок резистора R8 до момента загорания цифры 1. Затем на вход подают постоянное напряжение 3,46 В и вращением ротора резистора R4 добиваются загорания цифры 3. Далее при входном напряжении 6 В резистором R6 добиваются загорания цифры 9 и, наконец, при напряжении 8,49 В резистором R7 добиваются загорания цифры 18.

Затем переключатель переводят в положение «8 Ом», подают постоянное напряжение 2,83 В, постоянный резистор R1 временно заменяют переменным и плавным изменением его сопротивления от большего значения к меньшему добиваются загорания цифры 1. Остается измерить получившееся сопротивление переменного резистора и установить постоянный резистор с таким же сопротивлением.

Следует сказать, что уровни срабатывания пороговых устройств зависят от напряжения источника питания устройства. Поэтому напряжение питания должно быть стабилизированным. При этом осуществлять питание транзисторов

можно и от нестабилизированного напряжения, но оно должно быть обязательно больше напряжения питания микросхем. Индикатор HG1 относится к младшему разряду, поэтому его следует располагать справа от индикатора HG2. Для стереофонической системы такой индикатор можно установить на выходе усилителя мощности каждого канала. Индикатор можно отградуировать и для других сопротивлений нагрузки.

Диапазон индицируемых мощностей можно расширить и дополнить градациями 40 и 80 Вт. Для этого потребуется еще два пороговых устройства и три транзистора. Пятое пороговое устройство должно зажигать сегменты g и f индикатора HG2 и гасить сегмент g индикатора HG1, а шестой — зажигать сегменты a, e и f индикатора HG2. Сигнал на дополнительные пороговые устройства подают отдельно, так же, как и на первые четыре. При этом диод VD1 заменяют стабилитроном Д814 В, чтобы ограничить переменное напряжение на входах первых четырех пороговых устройств.

Автоматическая регулировка яркости цифровых индикаторов

Известно, что информация с этих индикаторов считывается хорошо только при среднем освещении. При сильном освещении обычно яркости недостаточно, а при слабом цифры светятся слишком ярко. Для устранения такого явления в прибор можно встроить устройство автоматической регулировки яркости индикаторов. Схема одного из таких устройств, предназначенного для работы с люминесцентными индикаторами типа ИВ-3А, ИВ-6, приведена на рис. 43,*а* [15]. В этом индикаторе заложен принцип питания сеток индикатора импульсным напряжением, скважность которого изменяется в зависимости от внешней освещенности. На элементах DD1.1 и DD1.2 выполнен генератор прямоугольных импульсов со скважностью примерно 2. На элементах DD1.3, DD1.4, фотодиоде VD1, резисторах R1, R2 и конденсаторе C2 собран узел регулировки скважности импульсов, который задерживает фронт импульса с выхода генератора на время, зависящее от освещенности диода. Чем сильнее освещенность, тем меньше время задержки фронта. Положение среза импульса при этом не изменяется. Импульсы с изменяющейся скважностью усиливаются

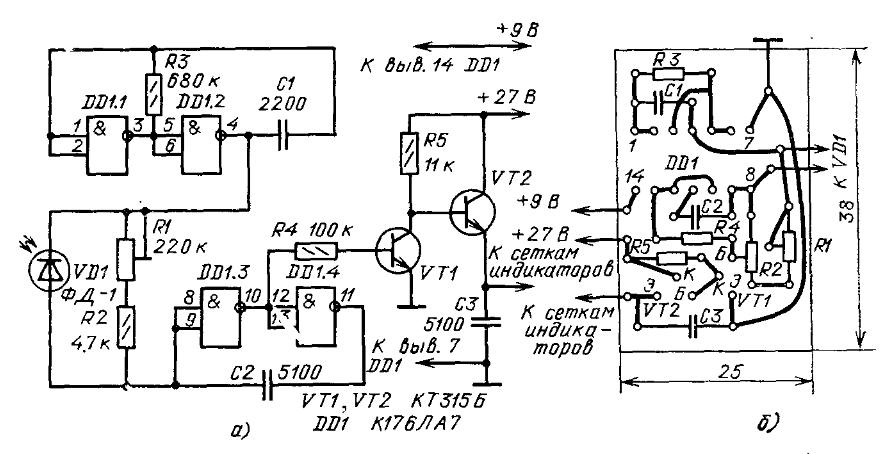


Рис. 43. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) автоматического регулятора яркости люминесцентных индикаторов

транзисторами VT1 и VT2 и далее поступают непосредственно на сетки индикаторов.

При указанных на схеме номиналах резисторов яркость индикаторов в зависимости от освещенности изменяется в 3 ... 4 раза. Такой режим работы наряду с экономичностью питания устройства увеличивает срок службы индикаторов.

Фотодиод размещают на передней панели измерительного устройства, все другие детали монтируют на плате (рис. 43,*б*). Налаживание регулятора заключается в установке начальной яркости свечения индикаторов. Для этого фотодиод затемняют и резистором R1 добиваются желаемой начальной яркости свечения.

Автоматический регулятор яркости свечения газоразрядных индикаторов можно собрать по схеме, приведенной на рис. 44,*а* [16]. Он, как и предыдущий регулятор, обеспечивает оптимальную яркость свечения при изменении внешней освещенности. Основой такого регулятора является генератор на транзисторе VT1 и элементе DD1.1, он вырабатывает импульсы, скважность и частота следования которых изменяются (за счет изменения сопротивления фоторезистора) в зависимости от освещенности. При указанных на схеме номиналах цепи C1R4 при затененном фоторезисторе генератор вырабатывает короткие импульсы положительной полярности с частотой следования около 200 Гц. При освещенном фоторезисторе длительность импульсов несколько увеличивается, а частота следования возрастает до 5 кГц.

Элемент DD1.2 выполняет функции буферного каскада, а транзисторы VT2 и VT3 — выходного каскада. Монтажная плата регулятора показана на рис. 44,*б*. Все детали, кроме фоторезистора и конденсатора C2, размещаются на ней. Фоторезистор следует разместить на передней панели прибора, рядом с индикаторами, конденсатор устанавливается также вблизи индикаторов.

Налаживание регулятора сводится к установке необходимой яркости свечения индикаторов при затененном фоторезисторе. Делают это подбором резистора R2: чем меньше сопротивление этого резистора, тем ярче свечение

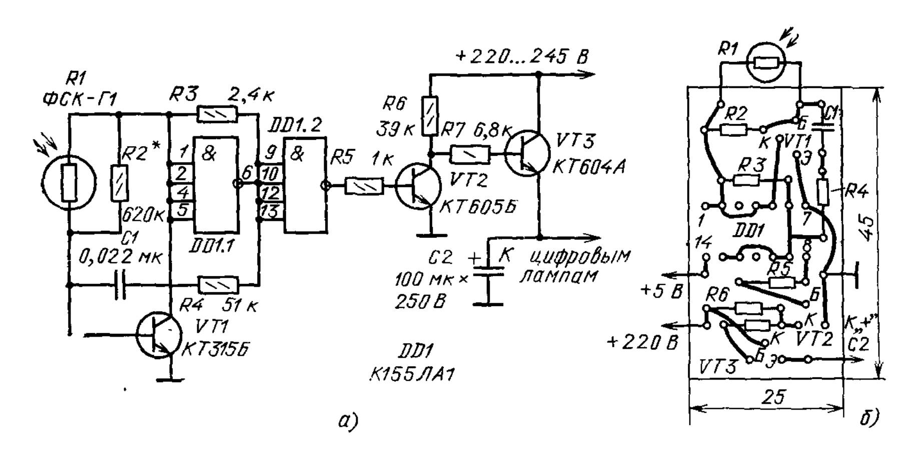


Рис. 44. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) автоматического регулятора яркости газоразрядных индикаторов

индикатора, и наоборот. Исключить этот резистор нельзя — при затененном фоторезисторе индикаторы гаснут и перестает работать генератор.

Описанные регуляторы можно устанавливать не только во вновь разрабатываемые измерительные приборы, но и в уже эксплуатируемые.

Сигнализатор перегорания предохранителя

Это устройство (рис 45,*а*) предназначено для контроля исправности плавкого предохранителя и наличия напряжения электроосветительной сети. Подключают его параллельно сетевому предохранителю. Если предохранитель исправен, то светодиод HL1 горит постоянно, если перегорел, то светодиод начинает мигать. При отсутствии сетевого напряжения он, естественно, погаснет, На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор импульсов с частотой следования около 3 Гц, а на элементах DD1.3 и DD1.4 — буферный каскад, нагруженный на светодиод. Сигнализатор питается от сети через выпрямитель, собранный на стабилитроне VD1, диоде VD2 и конденсаторах C1 и C2. Если предохранитель FU1 исправен, то на выводе 1 элемента DD1.1 будет напряжение низкого уровня, поэтому генератор работать не будет. На выходах

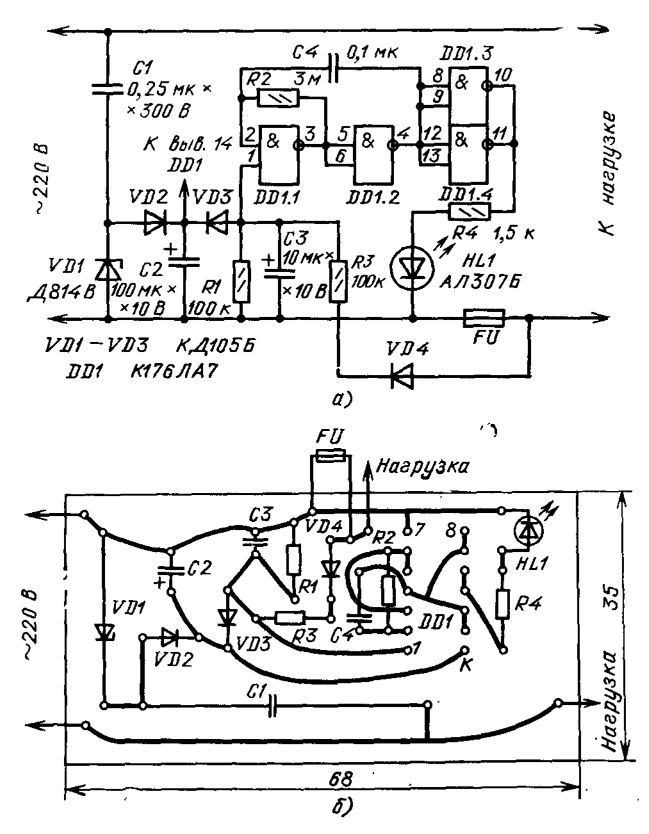


Рис. 45. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) сигнализатора перегорания предохранителя

элементов DD1.3 и DD1.4 в это время действует напряжение высокого уровня — светодиод горит. Резистор R4 ограничивает ток, протекающий через него.

Если предохранитель выйдет из строя, то переменное напряжение сети, пройдя через нагрузку, выпрямляется диодом VD4 и через резистор R3 заряжает конденсатор C3 примерно до напряжения питания микросхемы. Напряжение на этом конденсаторе, ограниченное диодом VD3, соответствует высокому уровню, поэтому генератор начинает работать и светодиод вспыхивает с частотой следования импульсов этого генератора.

В сигнализаторе следует применять светодиод в пластмассовом корпусе. Его размещают на передней панели прибора. Конденсатор C1 должен быть на рабочее напряжение не менее 300 В. Все детали, кроме светодиода, размещают на печатной плате, которая показана на рис. 45,*б*.

Сигнализатор начинает работать сразу после подключения к сети и никакого налаживания не требует. При необходимости частоту вспыхивания светодиода можно подобрать, изменяя емкость конденсатора C4.

Универсальное контролирующее устройство

Для контроля исправности нескольких источников питающих напряжений или нескольких предохранителей можно рекомендовать универсальное электронное устройство, схема которого приведена на рис. 46. Использование в нем оптронов позволяет контролировать напряжение нескольких источников, не имеющих гальванической связи между собой, а также обеспечивает гальваническую развязку между контролируемыми узлами и устройством. Вариант подключения контролирующего устройства к блоку питания с несколькими выходными напряжениями показан на рис. 47. Если предохранители исправны, а напряжения питания в норме, то светодиоды оптронов U3.2 и U4.2 обесточены, поэтому их составные транзисторы U3.1 и U4.1 закрыты. Поэтому напряжение на выводах 4 и 5 элемента DD1.1 будет напряжением высокого

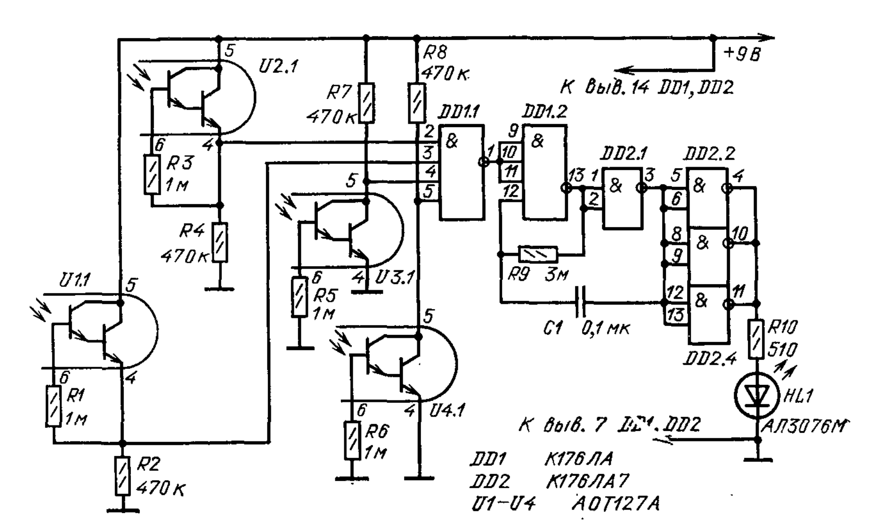


Рис. 46. Принципиальная схема универсального контролирующего устройства

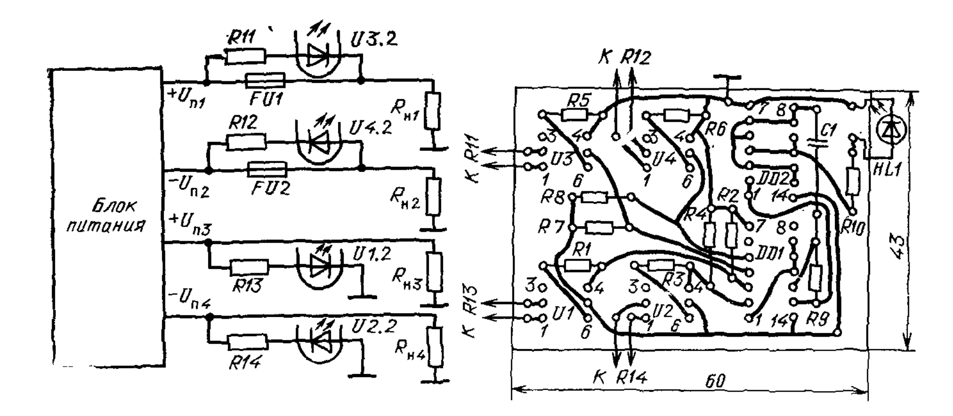


Рис. 47. Схема возможного варианта подключения универсального контролирующего устройства

Рис. 48. Монтажная плата универсального контролирующего устройства

уровня. Через светодиоды U2.2 и U1.1 протекает ток, достаточный для открывания транзисторов U1.1 и U2.1, поэтому на выводах 2 и 3 того же элемента возникает также напряжение высокого уровня. В это время генератор, собранный на элементах DD1.2 и DD2.1 бездействует, а на выходах элементов DD2.2 — DD2.4 появляется напряжение высокого уровня (напряжение питания) и светодиод HL1 горит, свидетельствуя об исправности контролируемых цепей.

Если возникнет какая-либо неисправность, например сгорит предохранитель FU1, то через резистор R11, светодиод оптрона U3 и нагрузку $R_{н1}$ потечет ток, который приведет к открыванию транзисторов этого оптрона. В этом случае на выводе 4 элемента DD1.1 появится напряжение низкого уровня, на его выходе — напряжение высокого уровня и генератор начнет работать, светодиод будет вспыхивать, сигнализируя об неисправности. Аналогично реагирует устройство и на выход из строя предохранителя FU2.

Если одно из напряжений блока питания, например $U_{пит\ 3}$ или $U_{пит\ 4}$, значительно уменьшится, тут же светодиод оптрона U1 или U2 обесточится, что приведет к закрыванию соответствующего составного транзистора, появлению на выходе элемента DD1.1 сигнала высокого уровня и, следовательно, вспыхиванию светодиода HL1.

Монтаж деталей на плате, выполненной из фольгированного текстолита или гетинакса, показан на рис. 48.

Надежного срабатывания устройства добиваются подбором резисторов R11—R14, а желаемую частоту вспыхивания светодиода HL1 — подбором емкости конденсатора C1 или сопротивления резистора R9.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Применение логических элементов в приборах для настройки различных радиоэлектронных устройств, для проверки радиодеталей, монтажа позволяет значительно упростить их технологию изготовления, уменьшить габариты и повысить надежность эксплуатации.

Пробник

Для проверки деталей, правильности монтажа, исправности электрических цепей обычно используют стрелочные измерительные приборы — омметры. В тех случаях, когда точность измерений не имеет особого значения, удобно пользоваться пробником со световой и звуковой сигнализацией.

Схема такого пробника [17] и его монтажная плата приведены на рис. 49. Он представляет собой генератор, собранный на элементах DD1.1 и DD1.2, к выходу которого подключен светодиод HL1 и через переключатель SA2 — телефон BF1. Измерительные щупы XP3 и XP4 подключают к проверяемой цепи. Если сопротивление участка цепи, резистора или другой детали не превышает 50 Ом, то светодиод загорается, а в телефоне появляется звуковой сигнал. С помощью пробника можно проверить надежность контактов реле, переключателей, катушек индуктивностей, обмоток трансформаторов и электромагнитных реле, конденсаторов и полупроводниковых приборов.

Проверку конденсатора на пробой осуществляют подключением его выводов к измерительным щупам. Если при этом звукового и светового сигнала нет, то нет и пробоя конденсатора. При проверке конденсаторов большой емкости — более 50 мкФ, в момент касания его щупами может прослушиваться кратковременный звуковой сигнал и наблюдаться кратковременная вспышка светодиода. Это свидетельствует об исправности конденсатора и обусловлено процессом его зарядки. При проверке оксидных полярных конденсаторов следует помнить о том, что на щупе X3 присутствует напряжение положительной полярности.

Полупроводниковые приборы проверяют путем изменения полярности подключения к ним щупов. Например, если диод исправный, то при одной полярности подключения щупов пробник подаст сигналы, а при другой их не будет. Аналогично можно проверить и транзисторы.

Телефон BF1 должен быть высокоомный. Монтажную плату (рис. 49,*б*) вместе с питающей батареей 3336Л (или составленной из трех элементов 332) можно разместить в корпусе подходящих размеров, но питать пробник можно и от любого другого источника напряжением 5 В при токе не менее 50 мА.

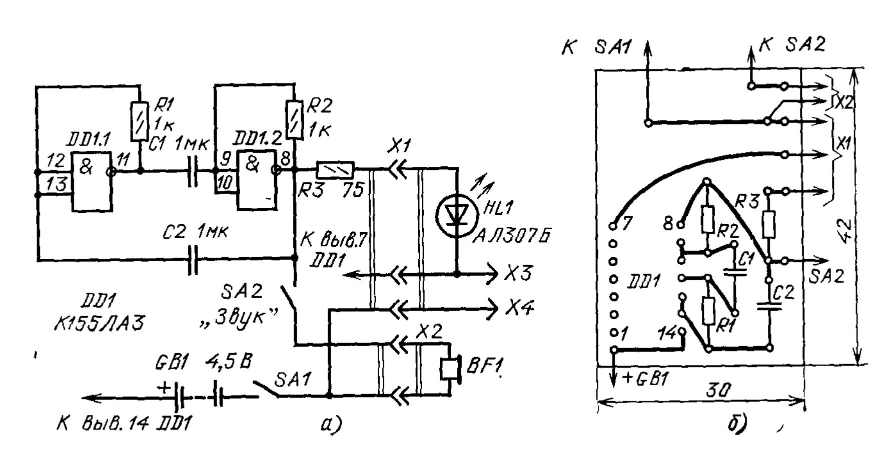


Рис. 49. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) пробника

Светодиод можно укрепить в отверстии стенки корпуса щупа, в качестве которого можно использовать корпус от авторучки, в которой пишущий узел заменен металлическим стержнем.

Логический пробник

Пробник (рис. 50) предназначен для проверки различных радиоэлектронных схем и устройств, в которых работают цифровые микросхемы ТТЛ и позволяет быстро определять уровни напряжений на входах и выходах микросхем. Его элемент DD1.1 питается от источника питания проверяемого или настраиваемого устройства. Если на вход пробника поступает напряжение низкого уровня, то на выходе элемента появляется высокий уровень напряжения и загорается светодиод красного свечения, а если на входе напряжение высокого уровня, то загорается светодиод зеленого свечения. В том же случае, если уровень входного напряжения соответствует промежуточным значениям, или цепь, к которой подключен пробник, окажется оборванной или не соединенной ни с одним из проводов, то ни один из светодиодов светиться не будет.

Пробник способен индицировать и наличие импульсов с логическими уровнями и скважностью 1,5 ... 3. В этом случае светятся оба светодиода, если, конечно, частота следования импульсов не превышает 20 ... 25 Гц. При другой скважности входных импульсов один из светодиодов будет светиться слабо, и этого можно не заметить.

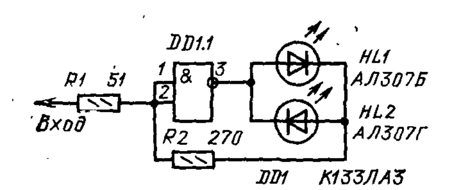


Рис. 50. Принципиальная схема простого логического пробника

В пробнике можно использовать любые элементы НЕ, кроме элементов с открытым коллектором. Светодиоды могут быть одного типа и одинакового свечения, что, правда, несколько скажется на удобстве пользования пробником. Все детали вполне уместятся в корпусе из-под фломастера.

Логический пробник с цифровой индикацией

Пробник, схема и монтажная плата которого показана на рис. 51, индицирует наличие на его входе напряжений логических уровней, электрических импульсов [18]. Работает он следующим образом. Если на входе сигнала нет, то транзисторы VT1 и VT2 закрыты, на входе элемента DD1.1 — напряжение низкого уровня, а на выходах элементов DD1.2 — DD1.4 — высокого уровня. В этом случае сегменты индикатора HG1 не светятся, кроме точки (сегмент h), сигнализирующей о наличии напряжения питания. Если на вход пробника подавать сигнал высокого уровня, то транзистор VT1 открывается и на выходе элемента DD1.2 появляется напряжение и загораются сегменты b и c — индикатор высветит цифру 1. Если на вход пробника поступает сигнал низкого уровня, то открывается транзистор VT2, на выходах элементов появляется напряжение и загораются сегменты a, b, c, d, e, f — индицируется цифра 0. Если входной сигнал — импульсный, то в моменты, когда на входе дей-

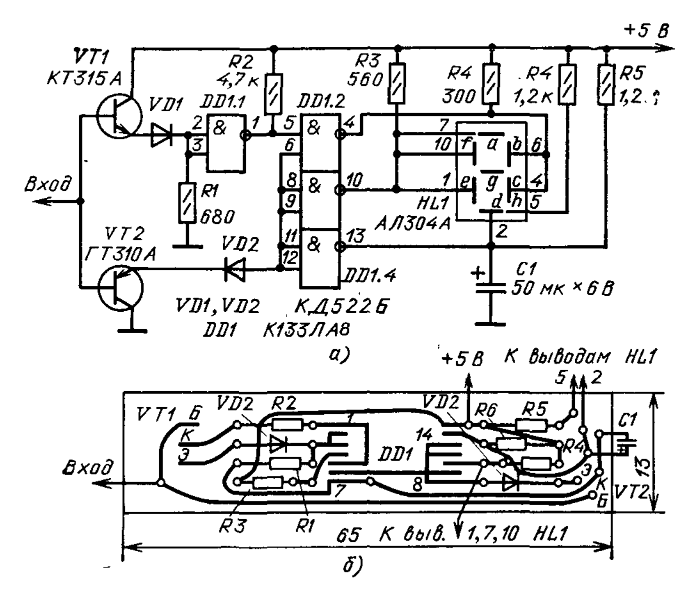


Рис. 51. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) пробника с цифровой индикацией

ствует напряжение высокого уровня, конденсатор быстро разряжается через элемент DD1.4 и не успевает зарядиться, поэтому яркость сегмента d резко уменьшается и индикатор высвечивает букву П — сигнал о наличии на входе импульсного сигнала.

Питается пробник от источника питания исследуемого устройства. В пробнике можно применить элементы с открытым коллекторным выходом.

Логический пробник со звуковой индикацией

Этот вариант пробника (рис. 52) со звуковой сигнализацией не требует специального источника питания микросхем и действует при уровнях входного сигнала 3 ... 15 В. В нем работают два взаимосвязанных генератора: один — на элементах DD1.3, DD1.4, а другой — на DD1.1 и DD1.2, и два выпрямителя: на диоде VD1 и VD2, VD3. Роль звукового индикатора выполняет пьезокерамический преобразователь HA1.

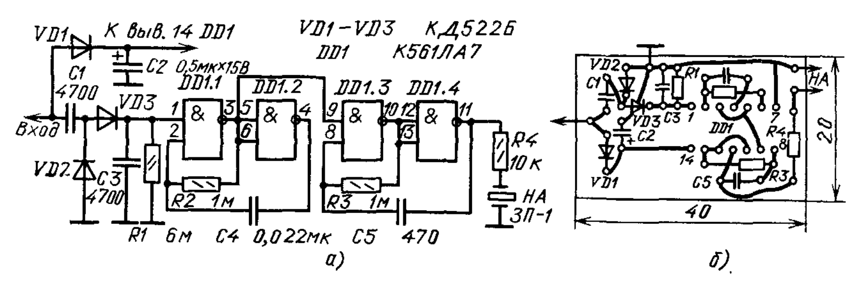


Рис. 52. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) пробника со звуковой индикацией

Когда на вход пробника поступает напряжение низкого уровня (для ТТЛ и КМОП менее 0,4 В), ни один из генераторов не работает и звукового сигнала нет. При входном напряжении высокого уровня конденсатор С2 быстро заряжается через выпрямитель на диоде VD1 и начинает работать генератор на элементах DD1.3 и DD1.4. С его выхода сигнал с частотой 1 ... 2 кГц поступает на преобразователь, который излучает постоянный звуковой сигнал, сигнализируя о наличии на входе пробника напряжения высокого уровня.

Если входной сигнал импульсный, то конденсатор С2 также зарядится, но одновременно заряжается конденсатор С3 и начинают работать оба генератора одновременно. При этом сигнал генератора на элементах DD1.1 и DD1.2 модулирует второй генератор. Теперь преобразователь излучает прерывистый сигнал, свидетельствующий об импульсном сигнале на входе логического пробника.

Экономичность пробника достаточно высокая: входной ток не превышает 0,1 мА, что объясняется использованием в нем пьезокерамического преобразователя для звуковой индикации. Но роль звукового индикатора может выполнять малогабаритный телефон, например ТМ-4. Входной ток пробника при этом возрастет до 0,2 ... 0,5 мА, что вполне допустимо для нормальной работы большинства цифровых микросхем.

Детали пробника монтируют на печатной плате из фольгированного текстолита, эскиз которой приведен на рис. 52,*б*. Безошибочно смонтированный пробник в налаживании не нуждается, в некоторых случаях может понадобиться подобрать только конденсатор С2. Дело в том, что пьезокерамический преобразователь может излучать звуковой сигнал даже после того, как пробник отключен от исследуемой цепи. Объясняется это тем, что конденсатор С2, разряжаясь, некоторое время продолжает служить источником питания для генераторов пробника. Емкость конденсатора С2 должна быть такой, чтобы после отсоединения пробника от проверяемой цепи звуковой сигнал быстро бы исчезал.

Испытатель конденсаторов

С помощью такого прибора (рис. 53,*а*) можно проверить, нет ли внутри конденсаторов обрыва или короткого замыкания, значительной утечки [19]. Рассчитан он на конденсаторы емкостью более 50 пФ. Основой прибора яв-

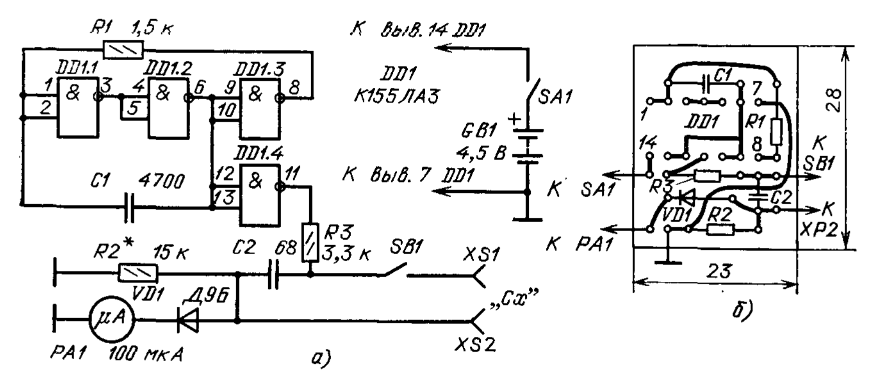


Рис. 53. Схема испытателя конденсаторов (*а*) и его монтажная плата (*б*)

ляется собранный на элементах DD1.1 — DD1.3 генератор прямоугольных импульсов, частота следования которых составляет около 75 кГц, а скважность примерно 3. Элемент DD1.4, включенный инвертором, исключает влияние нагрузки на работу генератора. С его выхода импульсное напряжение идет по цепи: резистор R3, конденсатор C2 и проверяемый конденсатор, подключенный к гнездам XS1 и XS2 и далее через диод VD1, микроамперметр PA1 и шунтирующий их резистор R2. Детали этой нагрузочной цепи подобраны таким образом, что без проверяемого конденсатора в ней ток через стрелочный прибор PA1 не превышает 15 мкА. При подключении проверяемого конденсатора и нажатии кнопки SB1 ток в цепи увеличивается до 40 ... 60 мкА, и если прибор будет показывать ток в этих пределах, то независимо от емкости проверяемого конденсатора можно сделать вывод о его исправности. Эти пределы тока в цепи отмечают на шкале прибора цветными метками. Если емкость проверяемого конденсатора больше 5 мкФ, то при нажатии на кнопку стрелка индикатора резко отклонится до конечной отметки шкалы, а затем, возвращаясь назад, устанавливается в пределах отмеченного сегмента. Полярный конденсатор выводом положительной обкладки подключают к гнезду XS1.

При внутреннем обрыве проверяемого конденсатора стрелка индикатора останется на исходной отметке, а если конденсатор пробит или его внутреннее сопротивление, характеризующее ток утечки, менее 60 кОм, стрелка индикатора отклоняется за пределы контрольного сегмента и даже может зашкаливать. Монтажная плата испытателя конденсаторов показана на рис. 53,*б*.

Коротко рассмотрим налаживание устройства. После включения питания стрелка должна отклониться до деления примерно 15 мкА. В случае необходимости такой ток устанавливают подбором резистора R3. Затем к гнездам «C_x» подключают конденсатор емкостью 220 ... 250 пФ и подбором резистора R2 добиваются отклонения стрелки индикатора до отметки 50 мкА. После этого, замкнув гнезда, убеждаются в отклонении стрелки за пределы шкалы.

Монтажную плату устройства вместе с питающей его батареей 3336Л следует разместить в корпусе подходящих размеров. Но испытатель можно питать от любого другого источника с напряжением 5 В и током не менее 50 мА.

Испытатель диодов

С помощью этого устройства (рис. 54,*а*) можно быстро проверить исправность полупроводникового диода и определить его полярность. На элементах DD1.1 — DD1.3 собран генератор прямоугольных импульсов, а на элементе DD1.4 — узел индикации, в котором применены светодиоды HL1 и HL2. Испытываемый диод подключают к гнездам XS1 и XS2. Если диод исправный, то будет светиться один из светодиодов, а вот какой из них — зависит от полярности подключения его к гнездам.

Если внутри диода окажется обрыв выводов его электродов, то ток через него, конечно, не потечет, и, следовательно, ни один из светодиодов светиться не будет. В том же случае, если диод пробит, ток через него станет протекать в обоих направлениях и будут светиться оба светодиода. Возможно также определение полярности подключенного диода. Для этого светодиод HL1 должен быть расположен рядом с гнездом XS1, а светодиод HL2 — рядом с гнездом XS2. Если диод исправный, то гнездо, возле которого будет светиться све-

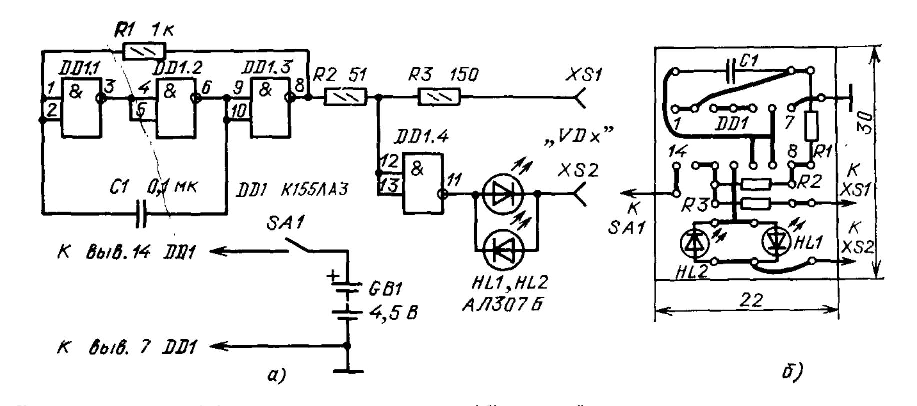


Рис. 54. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) устройства для проверки диодов

тодиод, и будет указывать на анод диода. Аналогично можно проверить исправность p-n переходов биполярных транзисторов.

Монтажная плата испытателя показана на рис. 54,*б*. Никакого налаживания он не требует и начинает работать сразу после включения источника питания.

Прибор для проверки транзисторов и диодов

Он предназначен в основном для проверки биполярных транзисторов и измерения их статических коэффициентов передачи тока $h_{21Э}$. Предусмотрена и возможность использования его для проверки исправности диодов.

Схема прибора приведена на рис. 55. Показанное на схеме положение контактов переключателя SA2 соответствует режиму испытания диодов. В этом ре-

Рис. 55. Принципиальная схема прибора для проверки транзисторов и диодов

жиме прибор работает так же, как предыдущее устройство: если диод исправный, то будет светиться один светодиод, если пробит — оба светодиода, а если обрыв или он сгорел, то светодиоды не горят. Для определения полярности диода светодиод HL1 располагают возле гнезда XS5, а HL2 — возле гнезда XS4. Анод диода будет с той стороны, где горит светодиод.

Для проверки транзистора переключатель SA2 устанавливают в положение «транзистор», а переключатель SA1 — в положение, соответствующее структуре транзистора. В положении переключателя SA3 «Проверка» проверяемый транзистор и элемент DD1.1 образуют генератор прямоугольных импульсов. Если транзистор исправен, то горят оба светодиода, но с разной яркостью, если он пробит или сгорел, то горит один светодиод.

Для измерения статического коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ транзистора (от 20 до 200) переключатель SA3 размыкают. В этом случае элемент DD1.1 работает как пороговое устройство, а резистор R1 снабжен шкалой, проградуированной в единицах параметра $h_{21Э}$. Работу прибора в этом режиме проиллюстрируем на конкретном примере. Предположим, проверяемый транзистор структуры n-p-n, с $h_{21Э} \approx 100$. Движок резистора R1 устанавливается в верхнее по схеме положение. Базовый ток транзистора в этом случае примерно равен 5 мкА, а коллекторный 0,5 мА, падение напряжения на резисторе R3 составляет 2,3 В. На входе элемента DD1.1 около 6,7 В, что соответствует напряжению высокого уровня, на его выходе низкий уровень, поэтому светится светодиод HL1. При плавном перемещении движка R1 базовый и коллекторный ток транзистора увеличивается, что приведет к уменьшению напряжения на входе элемента DD1.1, и когда оно будет соответствовать низкому уровню, светодиод HL1 погаснет, а HL2 загорится. Численное значение параметра $h_{21Э}$ в момент переключения светодиодов считывают по шкале переменного резистора.

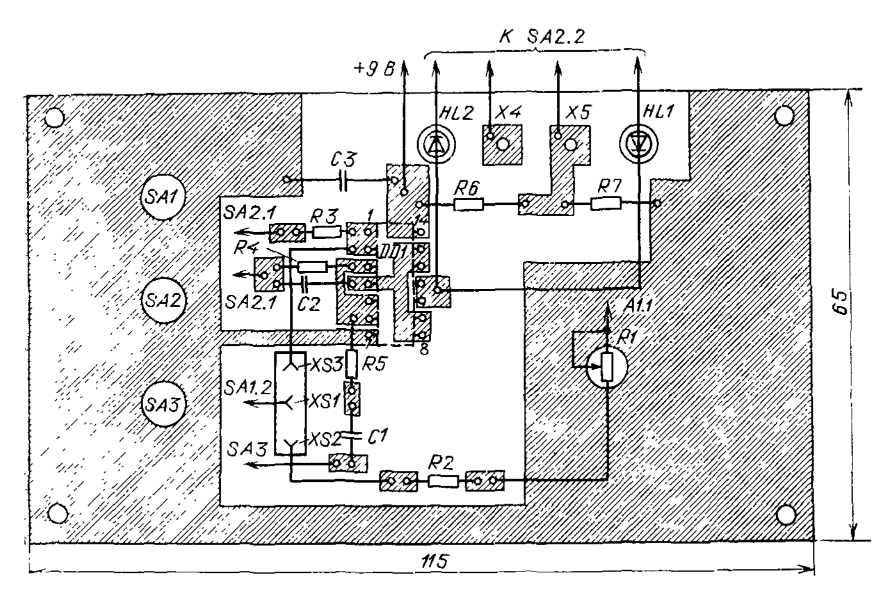


Рис. 56. Печатная плата прибора для проверки транзисторов и диодов

Все детали прибора монтируют на печатной плате из фольгированного текстолита (рис. 56). Она одновременно служит и передней панелью прибора.

Переменный резистор R1 снабжают двумя шкалами, отдельно для транзисторов структуры n-p-n и p-n-p. Питать прибор следует от стабилизированного блока питания, потребляемый ток 15 ... 20 мА.

Щуп-генератор ЗЧ

Для проверки работоспособности низкочастотных узлов и каскадов различной радиоаппаратуры и обнаружения в них неисправности в большинстве случаев можно пользоваться описываемым здесь щупом-генератором ЗЧ [20]. Он вырабатывает электрические колебания прямоугольной формы девяти фиксированных частот: 0,05; 0,25; 0,5; 1; 2,5; 5; 10; 20 кГц. Максимальная амплитуда выходного сигнала 1 В, ток, потребляемый от источника питания, не превышает 0,5 мА.

Схема щупа-генератора приведена на рис. 57. Элементы DD1.1, DD1.2, конденсатор C1 и резисторы R1 — R9 образуют генератор, частота которого определяется емкостью конденсатора и сопротивлением одного из резисторов. Скважность генерируемых импульсов близка к 2.

Через резистор R10 импульсы генератора поступают на переменный резистор R11, а с его движка — через встречно-последовательно включенные конденсаторы C2 и C3 на щуп XP1. Благодаря такому включению полярных конденсаторов щуп-генератор можно подключать к любой точке проверяемого устройства, постоянное напряжение в которой не превышает 14 В.

Использование элементов КМОП позволило отказаться от специального выключателя питания, так как при установке переключателя SA1 в положение «Выкл» вход элемента DD1.1 соединяется с общим проводом и генератор перестает работать. В таком режиме микросхема потребляет ток, составляющий единицы микроампер, что меньше тока саморазряда малогабаритных аккумуляторов или гальванических элементов.

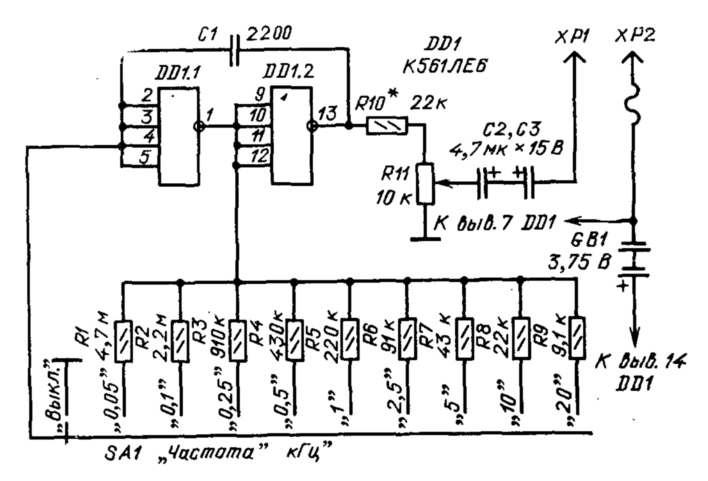


Рис. 57. Схема щупа-генератора ЗЧ

В устройстве можно применить также двух- и трехвходовые элементы И-НЕ ИЛИ-НЕ, в этом случае выводы задействованных элементов соединяются между собой, а выводы неиспользуемых подключают к общему проводу. Батарея GB1 составлена из трех последовательно соединенных дисковых элементов Д-0,06, РЦ-53 или аналогичных.

Конструкция щупа-генератора показана на рис. 58. Ее корпусом 4 служит пластмассовый тюбик (например, от лекарства) подходящих габаритов. Переключатель SA1 вместе с смонтированными на нем резисторами R1—R9 закреплен на дне корпуса. Микросхема, конденсатор C1 и резистор R7 размещены на печатной плате 6. Между платой и переключателем установлена изоляционная прокладка 5 из текстолита.

Переменный резистор R11 закреплен на крышке 3 корпуса, которая, в свою очередь, прикреплена к корпусу винтами или клеем. На этом резисторе смонтированы конденсаторы C2 и C3: минусовой вывод конденсатора C3 соединен непосредственно с корпусом резистора (например, с помощью лепестка), а через него — с припаянным к оси резистора латунным или стальным стержнем диаметром 2...3 мм, являющимся щупом XP1 устройства. К нему эпоксидным клеем прикреплена конусообразная пластмассовая ручка 2, поворотом которой устанавливают амплитуду выходного напряжения шума щупа-генератора. Вторым щупом (XP2) служит соединенный через отверстие в корпусе с общим проводом зажимами «крокодил».

На корпусе со стороны установки переключателя наносят риски и цифры, соответствующие частоте генератора, а со стороны переменного резистора — риски и цифры, соответствующие амплитуде выходного напряжения.

На корпусе тюбика можно установить дополнительное гнездо и соединить его с полюсовым проводником источника питания. Его совместно с щупом XP2 можно будет использовать для зарядки батареи, питающей щуп-генератор.

Градуировка шкалы прибора сводится к подбору резисторов R1—R9, добиваясь требуемых частот генератора. Максимальную амплитуду выходного напряжения, равную 1 В, устанавливают подбором резистора R1. Проводить все регулировки надо до окончательной сборки конструкции.

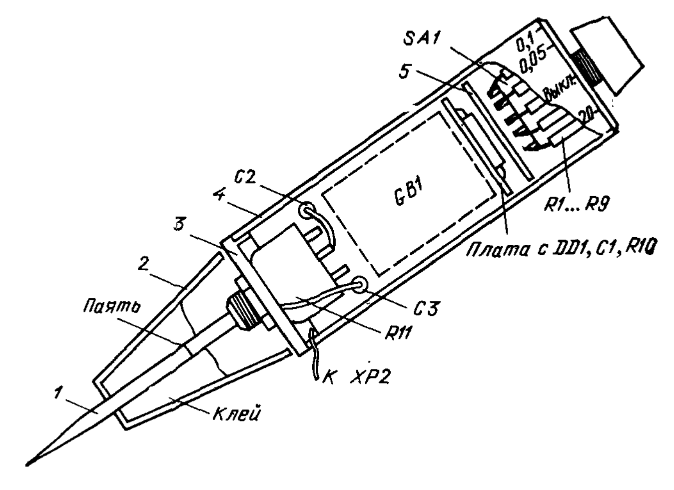


Рис. 58. Конструкция щупа-генератора ЗЧ

Функциональный генератор

Генератор вырабатывает синхронизированные колебания трех форм: прямоугольной, треугольной и синусоидальной (рис. 59) [21]. Его основу составляет замкнутая релаксационная схема, образованная пороговым устройством на элементах DD1.1 и DD1.2 и интегратором на элементе DD1.3. Элемент DD1.4 выполняет функцию преобразователя треугольных колебаний в синусоидальные.

Для работы генератора используются различные участки передаточной характеристики КМОП элементов. Так, для работы порогового устройства и интегратора используется линейный участок передаточной характеристики.

Как в целом работает генератор? Выход интегратора соединен через резистор R3 со входом порогового устройства, поэтому, когда на выходе порогового устройства напряжение высокого уровня, то через резисторы R5 и R6 заряжается конденсатор C4, в результате чего на выходе интегратора изменяется со скоростью, определяемой постоянной времени цепочки R5R6C4. Когда же напряжение на выходе интегратора достигнет порога срабатывания порогового устройства и на его выходе появляется напряжение низкого уровня, интегрирование происходит в обратном направлении. Таким образом, на выходе порогового устройства формируются прямоугольные импульсы, а на выходе интегратора — треугольной формы.

Колебания треугольной формы поступают на вход преобразователя, представляющего собой усилитель с нелинейной симметричной передаточной характеристикой. Подстроечным резистором R7 уровень входного треугольного напряжения устанавливают таким, чтобы «верхушки» этого напряжения выходили на нелинейный участок характеристики элемента и сглаживались. При этом на выходе преобразователя формируется сигнал, приближенный к синусоидальному, коэффициент гармоник которого составляет около 5 %.

При налаживании генератора резистором R7 устанавливают такой режим работы элемента DD1.4, при котором на его выходе получается синусоидальное напряжение с минимальными искажениями. Резистором R1 добиваются симметричного как треугольного, так и синусоидального напряжения.

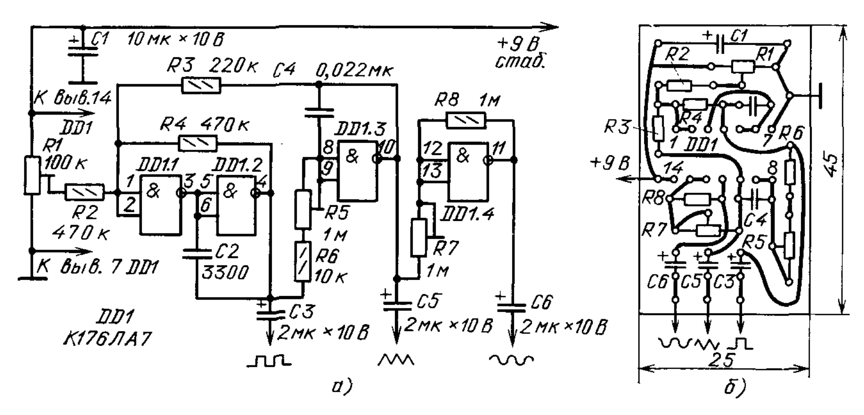


Рис 59. Функциональный генератор:
а — схема, *б* — монтажная плата

Частоту генератора можно в широких пределах изменять резистором R5, поэтому его можно заменить переменным, разместить на передней панели генератора и снабдить шкалой.

Питать генератор следует обязательно стабилизированным напряжением. Выходы генератора рассчитаны на подключение нагрузки не менее 10 кОм.

Частотомер

Простой аналоговый частотомер можно собрать по схеме, приведенной на рис. 60,*а* [22], он позволяет измерять частоту периодических сигналов напряжением 1,8 ... 5 В в диапазоне частот 20 ... 20 000 Гц. Его основой является триггер Шмитта, собранный на элементах DD1.1 и DD1.2, и ждущий мультивибратор на элементах DD1.3 и DD1.4.

На вход частотомера через резистор R1 поступает сигнал, форма которого в общем случае не является прямоугольной. Триггер Шмитта преобразует его в импульсы прямоугольной формы с крутыми фронтами и с той же частотой повторения, но стабильной амплитудой. Но длительность импульсов будет зависеть от амплитуды входного сигнала, поэтому для использования в процессе измерения они не пригодны. Поэтому их используют для запуска ждущего мультивибратора, на выходе которого формируются стабильные по амплитуде и длительности импульсы с частотой следования, равной частоте входного сигнала. Эти импульсы и используются для измерения частоты, для чего их подают на интегрирующий измерительный прибор, функцию которого выполняет микроамперметр PA1.

Необходимый поддиапазон измеряемых частот устанавливают переключателем SA1. Диоды VD1, VD2 ограничивают входной сигнал до напряжения 5 В. Длительность импульсов ждущего мультивибратора определяется номиналами резистора R3 и конденсатора C1 — C3. Резисторы R4 — R6 служат для градуировки шкалы частотомера.

Микроамперметр PA1 — M261M или M24 на ток полного отклонения 200 мкА. Налаживание частотомера сводится к его калибровке. Для этого на его вход подают сигнал напряжением около 3 В и частотой, равной верхней частоте данного поддиапазона, и подбором резисторов R4—R6 устанавливают

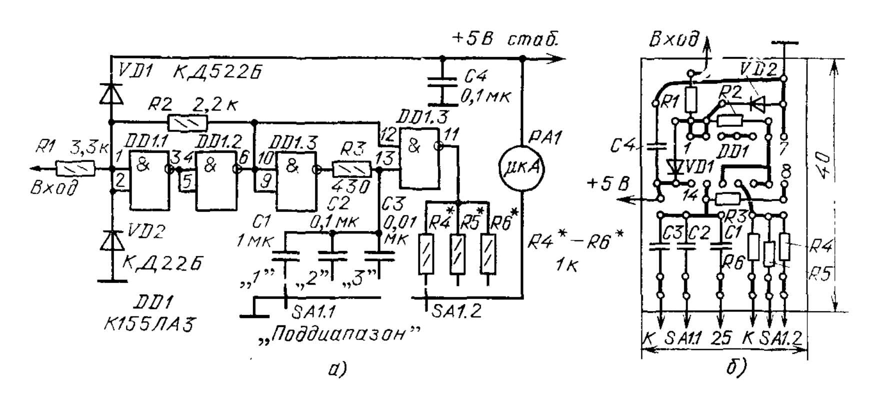


Рис. 60. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) частотомера

стрелку микроамперметра на последнее деление шкалы. Налаживание упрощается, если конденсаторы C1—C3 подобрать с точностью не хуже 5 %.

Чувствительность частотомера можно повысить включением на его входе усилителя.

Калибратор шкал

Это устройство (рис. 61) предназначено для калибровки шкал различных радиоприемников. Оно представляет собой генератор с кварцевой стабилизацией частоты на элементах DD1.1 и DD1.2, а также формирователь коротких импульсов на элементах DD1.3, DD1.4. К гнездам XS1, XS2 подключают кварцевые резонаторы ZQ с собственными частотами от 0,1 до 10 МГц.

Как известно, переключение элемента из одного состояния в другое происходит с некоторой задержкой, на этом и основана работа формирователя. В момент появления на выходе элемента DD1.2 напряжения высокого уровня, сигнал такого же уровня некоторое время присутствует и на выходе элемента DD1.3, поэтому на выходе элемента DD1.4 появляется сигнал низкого уровня. Но через 5...7 нс на выходе элемента DD1.3 появляется сигнал низкого уровня и поэтому элемент DD1.4 переключается в состояние с высоким уровнем на выходе. Таким образом, на выходе DD1.4 формируется импульс длительностью около 5 нс, напряжением 2...3 В с частотой следования, определяемой частотой кварцевого резонатора, подключенного к генератору.

Такой короткий импульс обладает очень широким и достаточно равномерным спектром. Так, при подключении к генератору кварцевого резонатора на частоту 5 МГц спектральные составляющие в диапазоне до 100 МГц отличаются друг от друга не более, чем на 15...20 дБ. Поэтому с помощью такого калибратора можно проводить калибровку шкал приемников вплоть до частот нескольких сот мегагерц. Налаживания калибратор не требует.

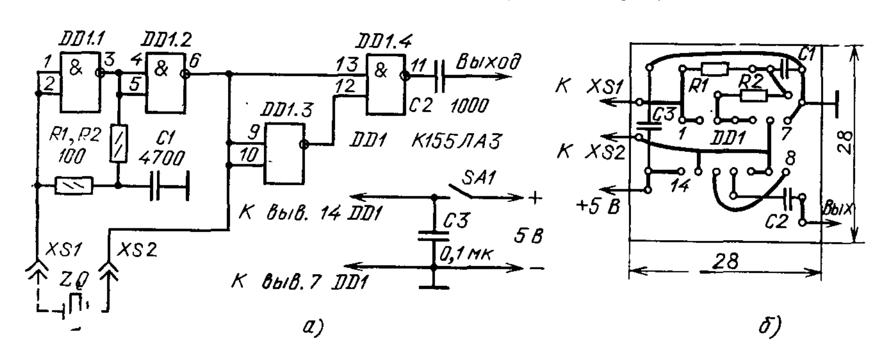


Рис. 61. Калибратор шкал:
а — схема, *б* — монтажная плата

Генератор для настройки радиоприемников

Этот генератор облегчает налаживание всех каскадов радиоприемников ДВ и СВ диапазонов, а также различных устройств на транзисторах, аналоговых и цифровых микросхемах. Схема такого генератора приведена на рис. 62,*а*. Он вырабатывает электрические колебания синусоидальной формы,

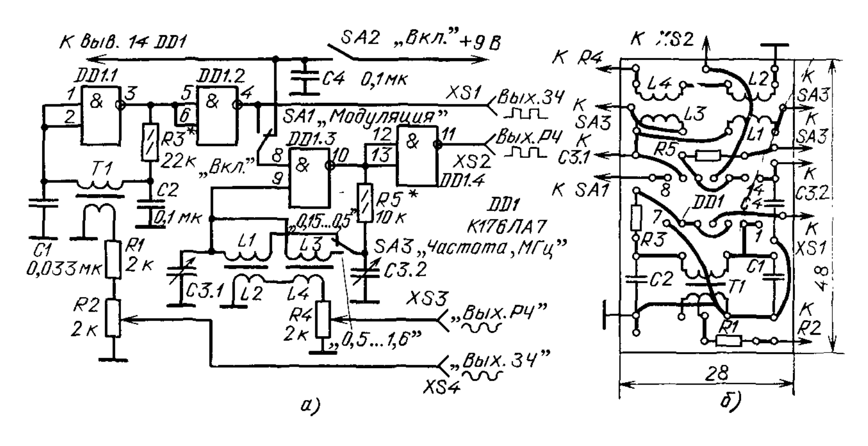


Рис. 62. Схема (*а*) генератора для настройки радиоприемников и его монтажная плата (*б*)

прямоугольные импульсы радиочастотного диапазона 0,15 ... 1,6 МГц, а также колебания синусоидальные и прямоугольные частоты 1 кГц (радиочастотные колебания можно промодулировать низкочастотным сигналом).

В генераторе ЗЧ работает элемент DD1.1 и обмотка I, которая совместно с конденсаторами C1 и C2 образует частотозадающий контур. С обмотки II трансформатора T1 синусоидальный сигнал и подается на выходное гнездо XS4. Амплитуду выходного сигнала ЗЧ регулируют переменным резистором R2.

Непосредственно к выходу генератора подключен буферный каскад на элементе DD1.2. На его выходе формируются прямоугольные импульсы со скважностью, близкой к 2, и амплитудой 9 В, которые далее поступают на выходное гнездо XS1.

Генератор колебаний РЧ собран по аналогичной схеме, а в качестве частотно-задающих элементов используют катушки L1 и L3 высокочастотных трансформаторов и блок конденсаторов переменной емкости C3. Весь диапазон генератора РЧ разбит на два поддиапазона: 0,15 ... 0,5 и 0,5 ... 1,6 МГц. Переключение поддиапазонов осуществляется переключателем SA3, плавное изменение частоты в каждом поддиапазоне — блоком КПЕ. Амплитуда выходного сигнала синусоидальной формы, снимаемого с катушек L2 и L4, регулируют переменным резистором R4. Каскад на элементе DD1.4 формирует импульсы прямоугольной формы, поступающие на выходное гнездо XS2. Чтобы сигнал ЗЧ промодулировать сигналом ЗЧ, переключатель SA1 «Модуляция» ставят в положение «Вкл.»

В генераторе в качестве трансформатора T1 использован выходной трансформатор от усилителя ЗЧ малогабаритного радиоприемника, причем в качестве обмотки I используется половина первичной обмотки. Катушки L1 ... L4 намотаны на каркасах от контурных катушек ПЧ радиоприемников «Сокол» или «Соната». Катушки L1, L2 намотаны на одном каркасе и содержат соответственно 490 и 40 витков провода ПЭВ-2 0,06. Катушки L3, L4 содержат 240 и 22 витка провода ПЭВ-2 0,1.

Режимы по постоянному току устанавливаются автоматически. Налаживание сводится к установке границ поддиапазонов и градуировке шкал генератора с помощью образцового генератора или частотомера. Монтажная плата прибора показана на рис. 62,*б*.

ЭЛЕКТРОНИКА В БЫТУ

Сенсорный дверной звонок

Обычные электрические звонки сейчас все более вытесняются электронными. Да и их традиционные кнопки можно с успехом заменить сенсорными контактами, как более долговечными и надежными.

Схема одного из сенсорных звонков [23] на одной микросхеме показана на рис. 63. На элементах DD1.1, DD1.2 собран управляемый генератор колебаний звуковой частоты, а на элементах DD1.3 и DD1.4 — усилитель мощности. Для его согласования с динамической головкой BA1 служит трансформатор T1.

В ждущем режиме, пока контактов сенсорного элемента не касаются, на вход элемента DD1.1 через резистор R1 подается напряжение низкого уровня, поэтому генератор не работает. В это время на выходах элементов DD1.3, DD1.4 будет напряжение высокого уровня, поэтому ток, потребляемый звонком от источника питания, определяется лишь токами утечки микросхемы и составляет единицы микроампер, в связи с этим специального выключателя питания нет.

При касании пальцем контактов сенсорного элемента E1 замкнется цепь ООС элемента DD1.1 по постоянному току, он выходит на линейный участок передаточной характеристики и генератор начнет работу — в динамической головке появится звуковой сигнал.

Частота звукового сигнала зависит от емкости конденсатора C1, суммарного сопротивления резисторов R2, R3, а также сопротивления участка кожи пальца, приложенного к сенсорному элементу. Силой нажатия на сенсорный элемент в некоторых пределах можно изменять частоту звукового сигнала.

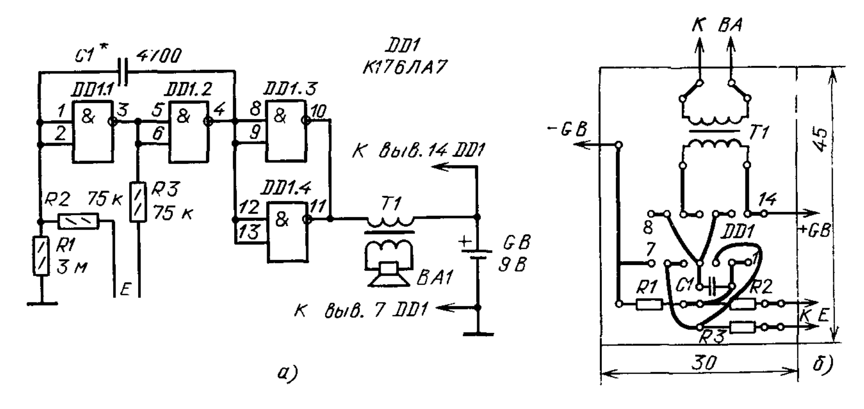


Рис. 63. Схема сенсорного дверного звонка (*а*) и его монтажная плата (*б*)

Трансформатор T1 — выходной трансформатор от малогабаритного транзисторного радиоприемника. Динамическая головка BA1 мощностью 0,05 ... ... 0,5 Вт со звуковой катушкой сопротивлением 4 ... 50 Ом.

Источник питания — батарея «Крона», «Корунд» или две батареи 3336, соединенные последовательно.

Сенсорный элемент можно изготовить из фольгированного текстолита. Расстояние между контактными площадками должно быть 1,5 ... 2 мм, а промежуток между ними защищен от грязи и влаги лаком или краской. Форма контактов сенсорного элемента может быть любой.

Налаживание звонка сводится к подбору конденсатора C1 для получения требуемой тональности звукового сигнала при конкретной конструкции сенсорного элемента.

Сигнализатор «Прикройте холодильник»

Случается, что дверь холодильника из-за невнимательности остается открытой, и в него проникает теплый воздух. От этого температура внутри холодильника повышается, стенки холодильной камеры быстро обрастают шубой, электродвигатель холодильника все чаще включается, что приводит к повышенному энергопотреблению.

Сигнализатор [39] позволяет избежать ненужных потерь. Он собран (рис. 64,*а*) на одной микросхеме и состоит из двух генераторов, один из которых — тональный, собранный на элементах DD1.3, DD1.4, включаемый вторым генератором на элементах DD1.1, DD1.2. Работой сигнализатора управляют контакты SA1, установленные на корпусе холодильника, напротив его двери.

В дежурном режиме, когда дверь холодильника плотно закрыта, контакты замкнуты, ни один из генераторов не работает. В этом режиме сигнализатор потребляет ток, определяемый сопротивлением резистора R1 и током утечки микросхемы.

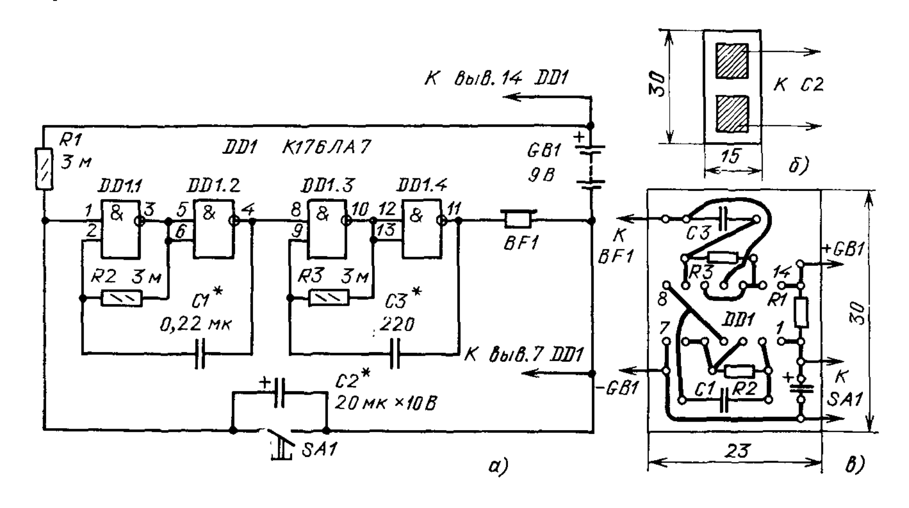


Рис. 64. Схема сигнализатора (*а*), конструкция контакта SA1 (*б*) и монтажная плата сигнализатора (*в*)

Если дверь холодильника продолжительное время открыта или неплотно прикрыта, конденсатор C2 заряжается через резистор R1, и когда напряжение на нем достигает высокого уровня, то начнет работать генератор на элементах DD1.1, DD1.2. Частота следования импульсов составляет примерно 1 Гц. С этой же частотой включается и отключается тональный генератор. Таким образом, если дверь холодильника определенное время будет открыта, то в телефоне BF1 послышится прерывистый звуковой сигнал.

Продолжительность задержки подачи звукового сигнала зависит от сопротивления резистора R1 и емкости конденсатора C2. При закрывании двери конденсатор быстро разряжается через замкнувшиеся контакты SA1 и сигнализатор переходит в дежурный режим. Если дверь открывают надолго, например с целью размораживания холодильника, то на это время источник питания сигнализатора отключают специальным выключателем или просто отключением батареи GB1.

Неподвижная часть узла SA1 представляет собой отрезок фольгированного текстолита толщиной не более 0,5 мм (рис. 64,*б*) с двумя контактными площадками. Текстолит приклеивают к корпусу холодильника напротив резинового уплотнения двери. Вторая часть узла — отрезок фольги меньшего размера, приклеенный к резиновому уплотнителю напротив первой части. При закрытой двери этот отрезок должен замыкать контактные площадки.

Телефон BF1 должен быть высокоомным, источником питания может быть батарея «Крона», «Корунд» или две последовательно соединенные батареи 3336, «Рубин». Монтажная плата показана на рис. 64,*в*.

Время задержки срабатывания сигнализатора устанавливают подбором емкости конденсатора C2, требуемую тональность сигнала — конденсатором C3, а периодичность подачи сигнала — подбором емкости конденсатора C1.

Автомат-выключатель освещения

Это устройство (рис. 65) предназначено для автоматического включения электроосвещения при наступлении темноты и его выключения в светлое время суток. Его светочувствительным прибором является фоторезистор R1, включенный на входе порогового устройства (элементы DD1.1, DD1.3). При нормальной освещенности сопротивление фоторезистора мало, поэтому на выходе элемента DD1.3 будет напряжение высокого уровня и генератор импульсов, собранный на элементах DD1.2, DD1.4, не работает. На выходе генератора транзисторы VT1, VT2 выполняют функцию согласующего устройства с тринистором. В таком режиме работы устройства на управ-

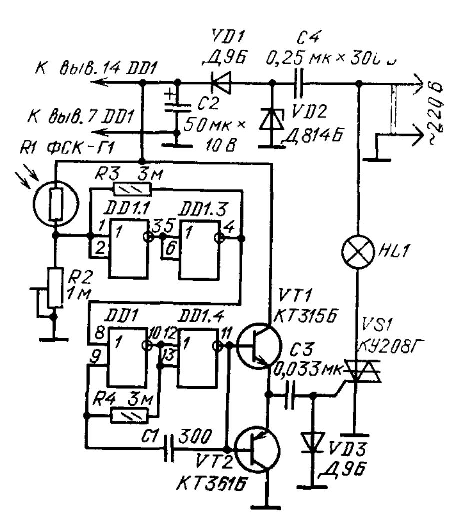


Рис. 65. Схема автомата-выключателя освещения

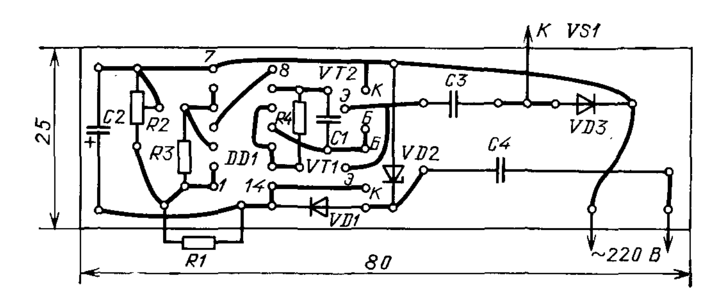


Рис. 66. Монтажная плата автомата-выключателя освещения

ляющий электрод тринистора VS1 никаких сигналов не подается, поэтому он закрыт и осветительная лампа HL1 обесточена.

С наступлением темного времени суток сопротивление фоторезистора возрастает, напряжение на входе порогового устройства уменьшается. И когда оно уменьшится до низкого уровня, генератор начнет работать и на выходе согласующего устройства появятся импульсы с частотой следования около 1 кГц. Так как эти импульсы разнополярные, то положительные импульсы замыкаются на корпус через диод VD3, а отрицательные — поступают на управляющий электрод тринистора. При этом тринистор открывается практически в самом начале каждого полупериода сетевого напряжения, поэтому осветительная лампа светится на полную мощность.

Выпрямитель автомата образуют стабилитрон VD2, диод VD1 и конденсатор C4, который гасит избыточное напряжение сети. Пороговое устройство имеет гистерезис своей характеристики, что обеспечивает устойчивое срабатывание автомата при переходе из одного режима работы в другой.

Утром, когда естественная освещенность увеличивается, происходит обратный процесс, и осветительная лампа гаснет.

Все детали автомата, кроме фоторезистора и тринистора, размещают на печатной плате, которая показана на рис. 66. Фоторезистор размещают в месте, защищенном от прямых солнечных лучей, атмосферной влаги и света осветительных ламп. Его можно поместить в стеклянную пробирку, которую затем надежно герметично закупоривают. Если мощность осветительных ламп больше 500 Вт, то тринистор устанавливают на теплоотводящий радиатор.

Налаживание автомата сводится к установке резистором R2 требуемого порога срабатывания.

Термостабилизатор

Назначение этого автоматически действующего устройства — поддержание заданной температуры в теплоизолированном ящике для хранения овощей, установленном на балконе. Даже в зимнее время года в таком «овощехранилище» будет поддерживаться температура около 0 °С [24].

Несомненное достоинство описываемого стабилизатора — простота: в нем работает всего одна микросхема. У него два термочувствительных датчика, что повышает надежность его работы. Если один из датчиков выйдет из строя, то автомат продолжает нормально работать. Его постоянное включение предохра-

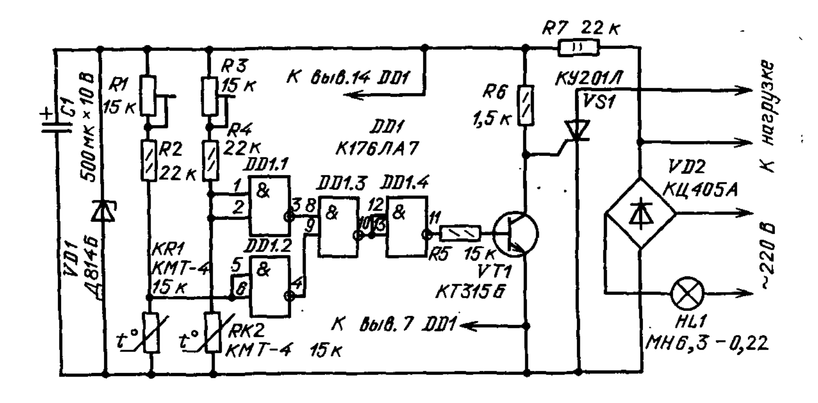


Рис. 67. Принципиальная схема термостабилизатора

нит овощи от замерзания. При применении терморезисторов типа КМТ, ММТ, используемыми в качестве датчиков, точность поддержания температуры составляет около ±1 °С.

Схема термостабилизатора приведена на рис. 67. Элементы DD1.1 и DD1.2 работают как пороговые элементы, срабатывающие при напряжении, равном примерно половине напряжения источника питания элементов. Элемент DD1.3 используют в качестве электрического сумматора сигналов, а DD1.4 — как инвертор сигнала.

Если температура в «овощехранилище» окажется выше пороговой, то сопротивления терморезисторов RK1 и RK2 станут такими, что на выходах элементов DD1.2 и DD1.1 будет напряжение высокого уровня, транзистор VT1 закроется, тринистор также закроется и нагреватель обесточится.

При понижении температуры сопротивления терморезисторов увеличиваются, транзистор закрывается, а тринистор открывается и нагреватель подключается к сети.

Малогабаритная лампа накаливания HL1, которую размещают в штепсельной вилке, выполняет одновременно функции индикатора включения питания и сетевого предохранителя. Она рассчитана на совместную работу с электронагревателем мощностью 35 Вт.

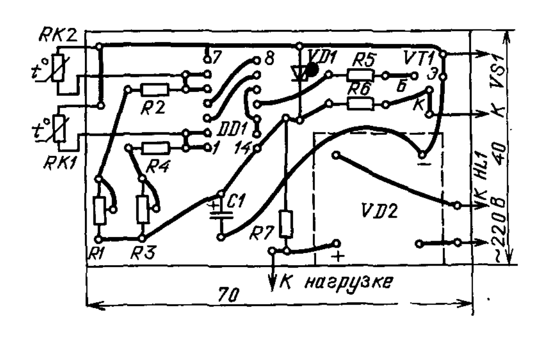


Рис. 68. Монтажная плата термостабилизатора

Все детали, кроме терморезисторов и тринистора размещают на печатной плате (рис. 68). Поскольку детали устройства находятся под напряжением сети, то сама плата и все соединительные проводники должны иметь надежную изоляцию.

Приступая к налаживанию термостабилизатора, один из терморезисторов помещают в среду с требуемой температурой, а движок соответствующего подстроечного резистора устанавливают в такое положение, при котором незначительное повышение температуры приводит к выключению нагревателя. Аналогично проводится регулировка и с другим датчиком.

Для более мощного электронагревателя (более 200 Вт) в автомате придется использовать более мощные тринисторы и выпрямительные диоды.

Мощность электронагревателя, обеспечивающую надежную защиту продуктов от замерзания при температуре —30 °С, в ящике, изготовленном из досок толщиной 20 мм и пенопласта толщиной 30 мм, можно определить по приближенной формуле:

$$P = V^{2/3},$$

где P — мощность электронагревателя, Вт; V — внутренний объем ящика, л.

Искатель скрытой проводки

Искатель предназначен для определения месторасположения скрытой электропроводки, участков возможного повреждения, обнаружения перегоревшей лампы в гирлянде. Он может оказаться особенно полезным при проведении ремонтных работ в помещениях со скрытой электропроводкой, при сверлении стен, вбивании гвоздей и т. д.

Схема искателя приведена на рис. 69. На элементе DD1.1 собран усилитель, на входе которого установлена антенна WA1. На элементе DD1.2 собран второй усилитель для сужения полосы пропускания до частоты примерно 100 Гц, между его входом и выходом включен конденсатор С1, образующий ООС по переменному току, а на его входе установлен резистор R2. Оба эти элемента выводятся на линейный участок передаточной характеристики за счет

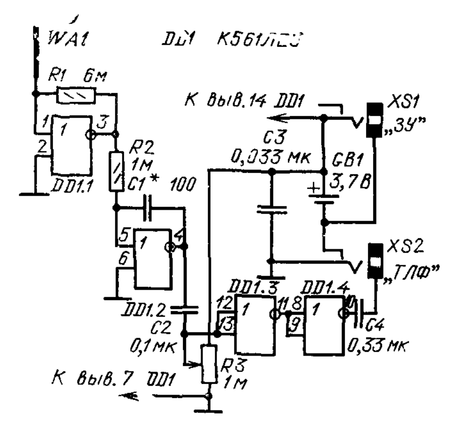


Рис. 69. Принципиальная схема искателя скрытой электропроводки

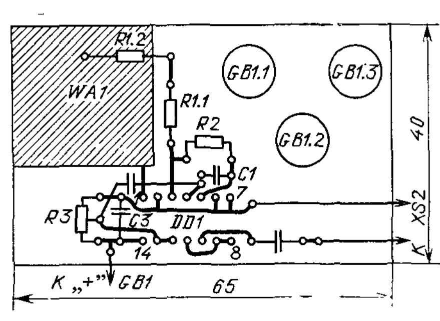


Рис. 70. Монтажная плата искателя скрытой электропроводки

введения ООС по постоянному току через резистор R1. На элементах DD1.3 и DD1.4 собран компаратор напряжения, порог срабатывания которого можно устанавливать переменным резистором R3. К выходу компаратора через конденсатор C4 и гнездо XS2 подключают головные телефоны. При этом включается питание и на микросхему. В качестве источника питания используют три малогабаритных аккумулятора Д-0,06, соединенные последовательно. К гнезду XS1 подключают зарядное устройство.

Искатель работает следующим образом. Сигнал, наведенный переменным электрическим полем сетевого проводника в антенне, усиливается элементами DD1.1 и DD1.2 и через конденсатор C2 поступает на вход компаратора. При малом сигнале компаратор не срабатывает и в телефонах звукового сигнала нет.

При приближении антенны искателя к проводам скрытой электропроводки сигнал, наведенный в ней, увеличивается, возрастает также сигнал и на входе компаратора, он начнет срабатывать и в телефонах появляется звуковой сигнал.

Поиск скрытой электропроводки начинают от штепсельной розетки, выключателя и ориентируются по звуку в телефонах. Чувствительность искателя устанавливают резистором R3.

Все детали, кроме гнезд, монтируют на печатной плате из фольгированного текстолита (рис. 70). Антенной WA1 служит площадка фольги размером 25×25 мм на плате. Аккумуляторы приклеивают к плате, а ее вместе с переменным резистором размещают в пластмассовой коробке размером 16×45×75 мм, а на одной из стенок — гнезда XS1, XS2.

Для повышения чувствительности искателя на боковой стенке корпуса приклеивают полоску фольги и соединяют ее с общим проводом питания. Если при поиске электропроводки касаться пальцами этой полоски, то можно повысить чувствительность искателя.

В принципе, искатель налаживания не требует, если он окажется слишком чувствительным, в телефонах постоянно будет прослушиваться звуковой сигнал, для снижения чувствительности надо увеличивать емкость конденсатора C1 до получения требуемой чувствительности.

Индикаторы потребляемой мощности

Зачастую, уходя из дома, приходится вспоминать, а затем и проверять, не оставлены ли какие-либо электроприборы включенными. А ведь некоторые из них могут не только «накрутить» счетчик, но и стать причиной пожара. Исключить подобное помогут индикаторы потребляемой мощности, описанные ниже.

Основой этих индикаторов является трансформатор тока. На один из сетевых проводов, входящих в квартиру, надевают кольцевой магнитопровод с обмоткой, образующие трансформатор тока [25]. В нем сетевой провод работает как первичная обмотка трансформатора, а обмотка на магнитопроводе — вторичная. Когда включена какая-либо нагрузка, по сетевому проводу протекает ток и на вторичной обмотке появляется переменное напряжение, по значению которого можно судить о включенных в данный момент электроприборах. Чем больше это напряжение, тем больше потребляемая мощность.

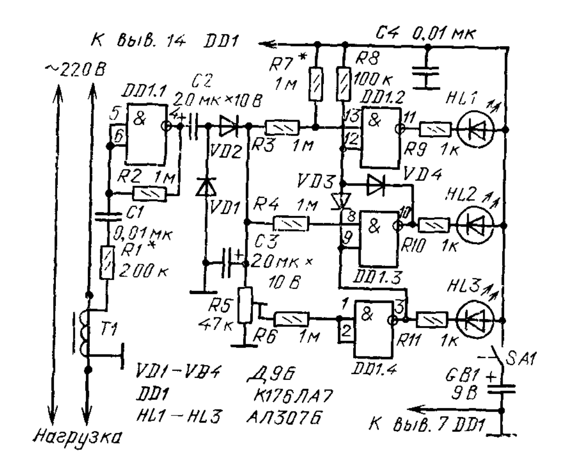


Рис. 71. Схема индикатора со световой сигнализацией

На рис. 71 показана схема варианта сигнализатора со световой сигнализацией включенной нагрузки. Переменное напряжение с вторичной обмотки поступает на усилитель, собранный на элементе DD1.1, а с его выхода через конденсатор C2 — выпрямитель на диодах VD1, VD2. Выпрямленное напряжение поступает на компараторы на элементах DD1.2—DD1.4 на выходах включены светодиоды HL1—HL3, сигнализирующие о включенных электроприборах.

Если суммарная мощность потребления не превышает 100 Вт, то напряжение на входах компараторов соответствует низкому уровню, поэтому ни один из светодиодов гореть не будет. Когда потребляемая мощность превысит 100 Вт (но не более 300 Вт), на выходе выпрямителя напряжение окажется достаточным для срабатывания только первого компаратора на элементе DD1.2 — загорится светодиод HL1. Если потребляемая мощность находится в пределах 300 ... 1000 Вт, то срабатывает компаратор на элементе DD1.3 и загорается светодиод HL2, а светодиод HL1 гаснет, так как в этом случае на вход элемента через диод VD4 поступает напряжение низкого уровня. Когда же потребляемая мощность превышает 1000 Вт, то срабатывает компаратор на элементе DD1.4, загорается светодиод HL3, а светодиод HL2 гаснет, так как на вход элемента DD1.3 поступает напряжение низкого уровня. Конечно, градации индицируемой мощности можно выбрать и другие.

Конструкция трансформатора тока и его вольт-амперная характеристика показаны на рис. 72. Его магнитопровод — ферритовое кольцо 2000 НМ типоразмера К20×10×5, которое аккуратно разламывают на две части и на одну из них наматывают 1500 витков провода ПЭВ-2 0,08 — это вторичная обмотка 3. Затем, надев вторую часть кольца 2 на сетевой провод 1, обе половины

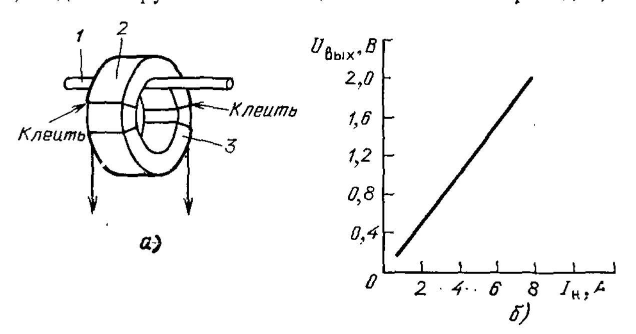


Рис. 72. Конструкция (а) и вольт-амперная характеристика (б) трансформатора тока

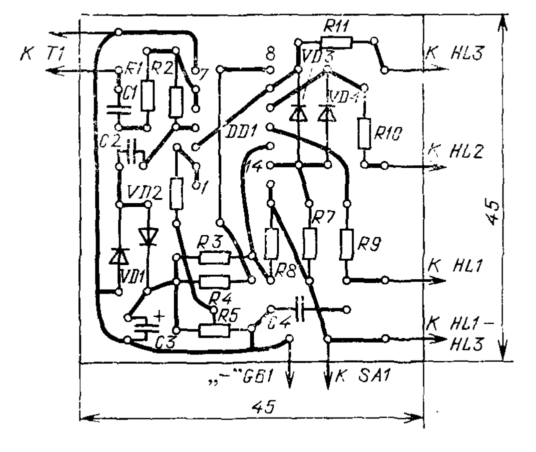


Рис. 73. Печатная плата и схема размещения элементов индикатора потребляемой мощности со световой сигнализацией

склеивают клеем БФ-2 или эпоксидным клеем. При этом магнитные свойства кольца, склеенного без зазора, ухудшаются незначительно. Выводы обмотки трансформатора соединяют изолированными проводами с монтажной платой устройства (рис. 73), размещенной в корпусе подходящего размера. Выключатель питания SA1 может находиться на корпусе индикатора и включаться вручную или устанавливаться на косяке двери таким образом, чтобы питающее напряжение поступало на индикатор при ее открывании.

Налаживают индикатор в следующей последовательности. К электросети подключают нагрузку мощностью около 300 Вт и подбором резистора R1 добиваются свечения светодиода HL2. Затем подключают нагрузку мощностью 100 Вт и подбором резистора R7 добиваются свечения светодиода HL1, а при уменьшении нагрузки на 20 ... 30 Вт этот светодиод должен погаснуть. После этого в сеть включают нагрузку мощностью 1000 Вт и подстроечным резистором R5 добиваются свечения светодиода HL3.

Трансформатор тока лучше всего разместить в распределительной коробке, находящейся обычно в прихожей квартиры.

Схема и монтажная плата еще одного варианта индикатора потребляемой мощности показаны на рис. 74,*а*, *б*. Этот индикатор имеет звуковую сигнализацию и, кроме того, обладает «памятью». Как и в предыдущей конструкции, переменное напряжение трансформатора тока выпрямляется диодами VD1,

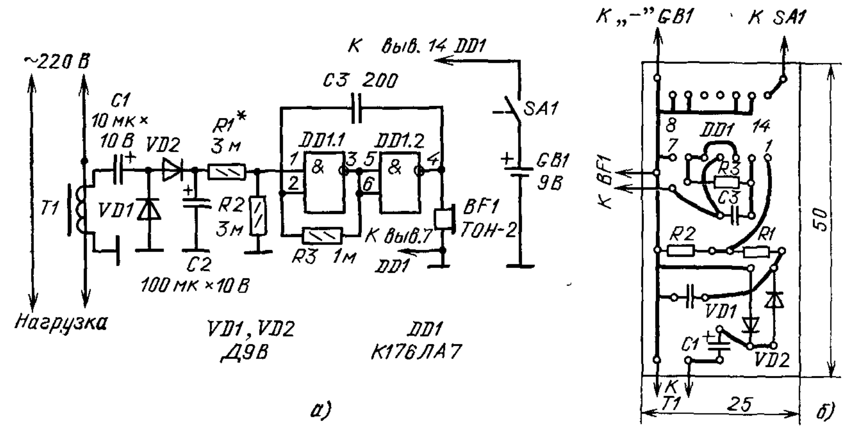


Рис. 74. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) индикатора потребляемой мощности со звуковой сигнализацией

VD2, но в отличие от предыдущего варианта, в этом установлен конденсатор C2 значительно большей емкости, кроме того, увеличено входное сопротивление компаратора и генератора на элементах DD1.1. DD1.2, что и используется для сохранения информации о значении потребляемой мощности в течение нескольких минут. Это необходимо в тех случаях, когда нагрузка подключена к сети не постоянно (например, утюг с терморегулятором). Если мощность превышает заранее установленный порог, то начинает работать генератор на элементах DD1.1 и DD1.2 и в телефоне раздается звуковой сигнал с частотой около 1 кГц. Этот прибор, чувствительность которого сравнительно невелика, следует использовать для индикации мощности потребляемой электроэнергии 1000 Вт и более.

Трансформатор тока — аналогичной конструкции (его описание см. выше). Налаживание сводится к подбору резистора R1 и для индикации включения нагрузки определенной мощности. Телефон BF1 должен быть обязательно высокоомным.

Индикатор уровня жидкости

Это устройство предназначено для контроля уровня жидкости в различных резервуарах, например воды в ванне. Как только жидкость поднимется до установленного уровня, устройство начнет подавать непрерывный звуковой сигнал. Когда уровень жидкости достигнет критического предела, устройство начнет подавать прерывистый звуковой сигнал. Индиктор (рис. 75) состоит из двух генераторов: первый — на элементах DD1.1, DD1.2, второй — на элементах DD1.3, DD1.4. Ими управляет сенсорный элемент E1 — E3. Его размещают в резервуар на уровне, до которого его надо заполнить. Когда жидкость не касается его контактов, то через резисторы R2 и R3 на входы элементов DD1.1, DD1.2 и DD1.3 поступает напряжение высокого уровня, поэтому ни один из генераторов не работает. В этом режиме индикатор практически не потребляет тока от источника питания.

Когда жидкость достигает контактов E1 и E2, то проводимость между ними резко увеличивается, если, конечно, жидкость не диэлектрическая, на выводе 12 элемента DD1.3 появляется напряжение низкого уровня и второй генератор начинает работать, при этом в телефоне BF1 раздается звуковой сигнал с частотой около 1 кГц. Если поступление жидкости не прекращается, то ее уровень достигает еще и контакта E3 сенсорного элемента. Поэтому начинает работать первый генератор и своим сигналом модулирует сигнал второго генератора. Телефон в этом случае излучает прерывистые звуковые сигналы, свидетельствующие о том, что уровень жидкости достиг критического предела.

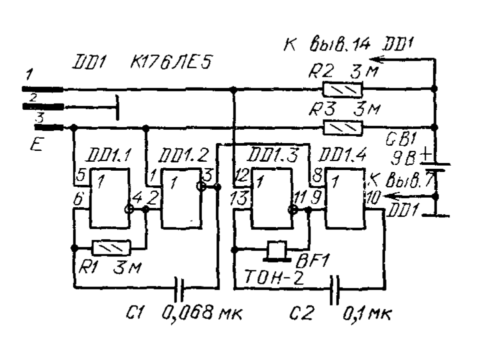


Рис. 75. Схема индикатора уровня жидкости

Сенсорный элемент может иметь различные конструкции. Одна из них, а также монтажная плата индикатора, показаны на рис. 76,*а*, *б*. Контакты

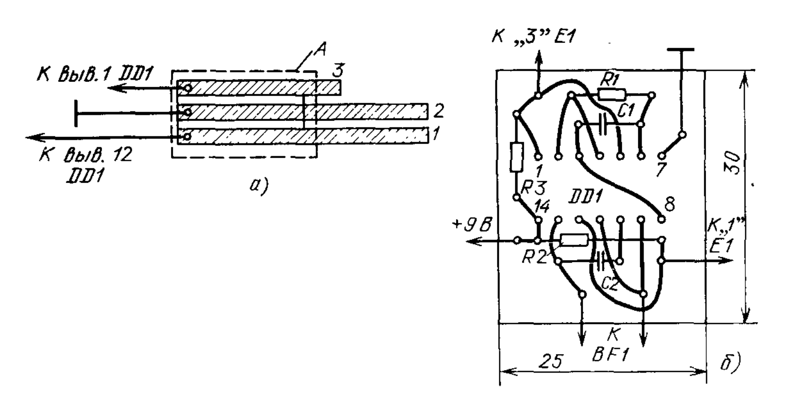


Рис. 76. Конструкция датчика (*а*) и монтажная плата (*б*) индикатора уровня жидкости

сенсорного элемента представляют собой полоски фольги, оставленные на пластине из фольгированного текстолита, их залуживают, а участок А элемента покрывают защитным лаком или краской. Если жидкость агрессивна, то контакты изготавливают из материала, не вступающего в химическую реакцию с жидкостью, например из нержавеющей стали. Необходимо только, чтобы в исходном состоянии между контактами сенсора сопротивление было бы не менее 10 ... 15 МОм. При их частичном погружении в жидкость — не более 0,5 ... 1 МОм.

Плату сигнализатора соединяют с сенсорным датчиком изолированным проводом, длина которого может быть несколько метров, с целью защиты от помех провод лучше взять экранированный. Телефон BF1 также может быть при желании удален на несколько метров.

В дежурном режиме индикатор тока не потребляет, поэтому специального выключателя питания нет. Питать его можно от батареи «Крона», «Корунд» или двух последовательно соединенных 3336.

Какого-либо налаживания индикатор не требует, если необходимо, то требуемую тональность звукового сигнала можно установить подбором конденсатора С2, а периодичность его подачи — конденсатором С1.

Сторожевые устройства

Подобные устройства применяют для охраны помещений или отдельных объектов. В случае проникновения в помещение кого-либо постороннего, они оповещают об этом звуковым или иным сигналом.

На рис. 77 показана схема сторожевого устройства с механическим контактом. Его образуют компараторы на элементах DD1.1 и DD2.1, RS-триггер на элементах DD1.2, DD1.3, инверторы на DD1.4, DD2.2 — DD2.4. Работает устройство следующим образом. При выходе из помещения выключателем SA1 подают на устройство напряжение питания. В этот момент, пока не зарядился конденсатор С1, на выходе элемента DD1.1 будет напряжение низкого уровня, а на выходе DD1.4 — высокого, поэтому RS-триггер установится в состояние, при котором на выводе 10 элемента будет напряжение низкого уровня.

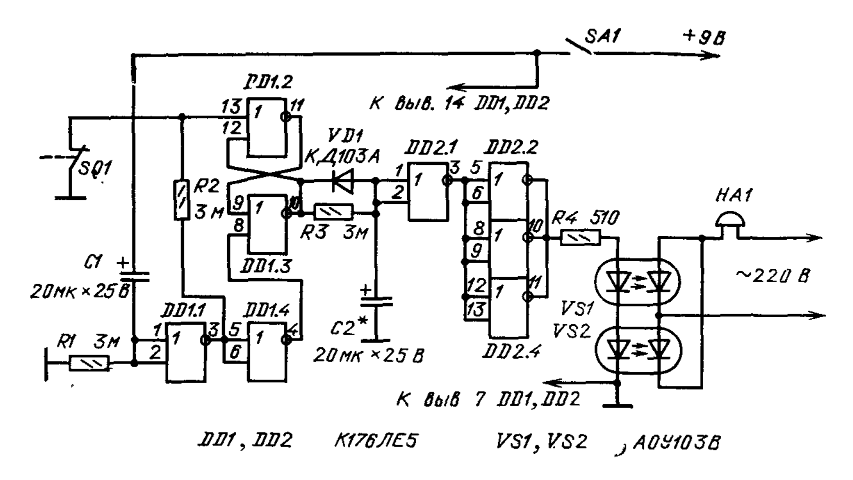


Рис. 77. Схема сторожевого устройства с механическим контактом

В это время светодиоды оптронов VS1 и VS2 обесточены, напряжение на прибор звуковой сигнализации (сигнала «тревоги») не подается.

Зарядка конденсатора С1 длится 30 ... 40 с, этого достаточно, чтобы выйти из помещения и даже несколько раз замкнуть и разомкнуть контакты SQ1, механически связанные с входной дверью. При этом состояние триггера не изменяется. Но как только конденсатор С1 зарядится примерно до половины напряжения источника питания, устройство начинает работать в режиме охраны. Теперь на выходе элемента DD1.1 появляется напряжение высокого уровня и устройство станет реагировать на состояние контактов.

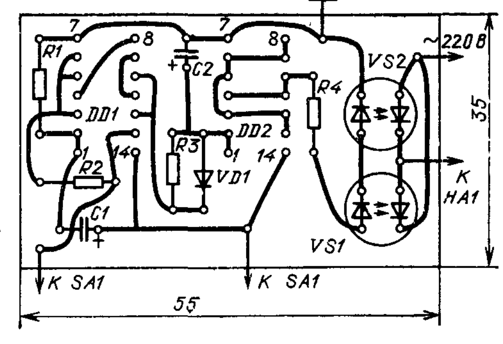
При открывании двери охраняемого помещения контакты SQ1 размыкаются, в результате чего на вход RS-триггера поступает напряжение высокого уровня и он переключается в другое устойчивое состояние — с высоким уровнем на выводе 10 элемента DD1.3. При этом уже никакие манипуляции с контактом SQ1 не смогут возвратить его в исходное состояние. Начинается заряд конденсатора С2 через резистор R3. Время его зарядки определяет задержку подачи сигнала «тревоги» после открывания двери.

Чтобы исключить подачу сигнала «тревоги», надо до тех пор, пока не зарядился конденсатор С2, отключить напряжение питания от устройства выключателем SA1. Естественно, что выключатель должен находиться в укромном месте, о чем должен знать ограниченный круг лиц.

Если после открывания двери питание не отключается, то спустя 30 ... 40 с (время зарядки конденсатора С2) на светодиоды оптронов подается напряжение с выходом элементов DD2.2—DD2.4 и включается прибор звуковой сигнализации, например электрический звонок НА1.

Устройство позволяет осуществлять охрану одновременно нескольких помещений путем установки на их дверях, оконных проемах аналогичных контактов SQ1, соединенных в последовательную цепь. При обрыве проводов, идущих к контакту, устройство также выдает сигнал «тревоги». При установке устройства следует учесть, что оно может быть подвержено воздействиям различных помех. Если это наблюдается, то соединения контактов SQ1 с устройством следует выполнить экранированным проводом.

Рис. 78. Монтажная плата сторожевого устройства с механическим контактом



Монтажная плата сторожевого устройства показана на рис. 78. Так как оно потребляет ток от источника питания только при подаче сигнала тревоги, то питать его можно от малогабаритных батарей — «Крона», «Корунд», а также от сети.

В качестве источника сигнала можно использовать и другие устройства — индикаторные и осветительные лампы, а питать их как от сети, так и собственного источника питания. Надеемся, что читатели сами смогут подключить к выходу элементов DD2.2 — DD2.4 требуемое устройство сигнализации.

Налаживание сводится к установке требуемого времени задержки выхода на дежурный режим подбором емкости конденсатора C1, а времени задержки подачи сигнала «тревоги» — подбором конденсатора C2. В качестве контактов SQ1 лучше всего использовать магнитоуправляемые контакты — герконы.

Схема еще одного сторожевого устройства, в котором применен акустический датчик, приведена на рис. 79. Оно выдает сигнал тревоги при механическом воздействии (удары и т. д.) на охраняемый объект.

На элементе DD1.1 собран усилитель переменного напряжения, поступающего с телефона BF1 типа ТОН-2 и используемого в качестве акустического датчика. На элементе DD1.2 собран компаратор (пороговое устройство), а на элементах DD1.3 и DD1,4 — RS-триггер, который управляет мощным каскадом на транзисторе VT1 с прибором звуковой сигнализации HA1.

После включения источника питания через резистор R4 начинается заряд конденсатора C4. В это время на выходе RS-триггера, а значит, и на базе транзистора VT1 возникает напряжение низкого уровня, звуковой сигнализатор

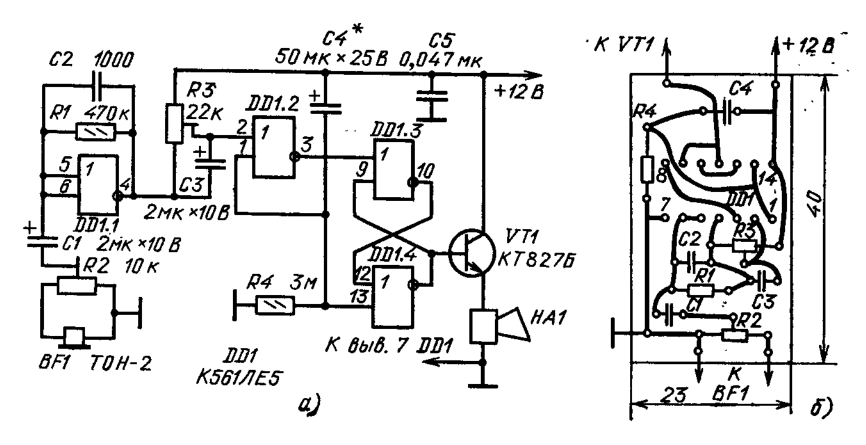


Рис. 79. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) сторожевого устройства с акустическим датчиком

обесточен и устройство не реагирует ни на какие акустические воздействия. После зарядки конденсатора, примерно через 1 ... 1,5 мин после включения питания, наступает режим охраны объекта и устройство начинает реагировать на механические воздействия.

При физическом воздействии на охраняемый объект колебания преобразуются датчиком BF1 в электрический сигнал, который усиливается и поступает на компаратор. Конденсатор C2 служит для сужения частотного диапазона усилителя и повышает устойчивость его работы. Если уровень сигнала окажется достаточным для срабатывания компаратора, то на его выходе на короткое время появится напряжение высокого уровня, которое переключит RS-триггер в другое устойчивое состояние, в результате транзистор VT1 открывается и звучит сигнал тревоги. Чтобы отключить сигнал тревоги, обесточивают устройство.

Монтажная плата такого варианта сторожевого устройства показана на 79,*б*. Транзистор и прибор звуковой сигнализации размещают в наиболее подходящем месте.

Чувствительность устройства устанавливают подстроечными резисторами R2 и R3, а продолжительность ждущего режима — подбором конденсатора C4.

Регуляторы яркости электрического карманного фонаря

Не во всех случаях нужна максимальная яркость свечения лампы накаливания карманного фонаря, иногда ее можно уменьшить, чтобы продлить срок службы питающей батареи. Можно, конечно, последовательно с лампой включить переменный резистор и им регулировать яркость свечения, но это неэкономично, так как на нем бесполезно будет рассеиваться часть мощности, потребляемой фонарем. Целесообразнее вместо резистора применять электронный ключ, управляет которым генератор с регулируемой скважностью импульсов. Тогда яркость свечения лампы можно плавно изменять от едва заметной до максимальной, при незначительной потере энергии батареи.

Схема такого регулятора [26] приведена на рис. 80,*а*. На элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор прямоугольных импульсов с частотой следования 100 ... 200 Гц. Резистором R1 регулируют скважность импульсов примерно от 1,05 до 20. Импульсы генератора поступают на согласующий каскад, собран-

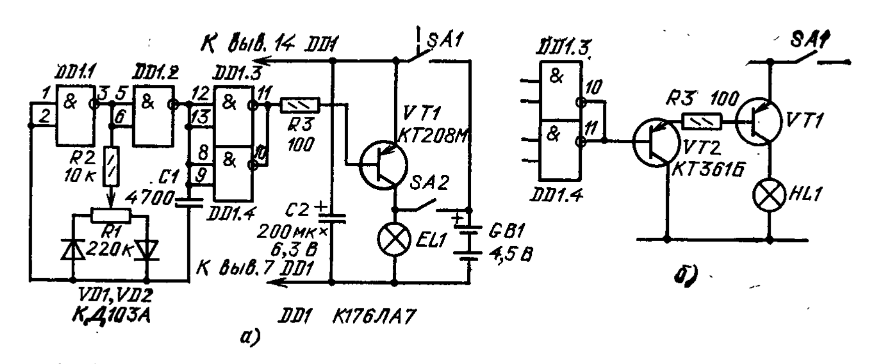


Рис. 80. Схема регулятора яркости фонаря (*а*) и вариант его выходного каскада (*б*)

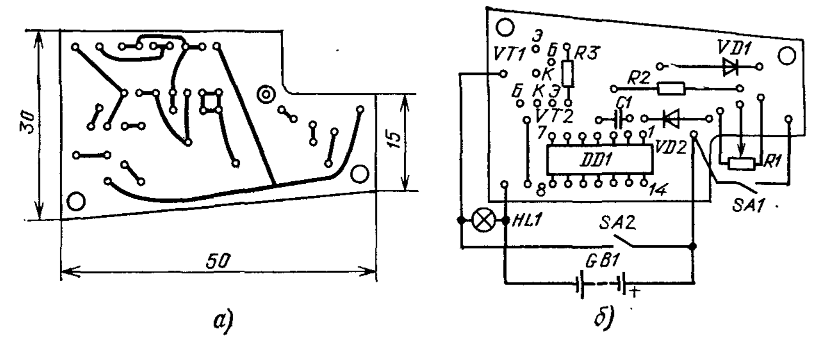


Рис. 81. Печатная плата (*а*) и размещение элементов регулятора яркости фонаря (*б*)

ный на элементах DD1.3, DD1.4, а с его выхода — на электронный ключ VT1, в коллекторной цепи которого включена лампа накаливания EL1.

Включение электронного регулятора осуществляется выключателем SA1, совмещенным с резистором R1. Выключателем SA2 самого фонаря можно подавать напряжение батареи GB1 непосредственно на лампу накаливания, минуя регулятор.

Монтажную плату регулятора (рис. 81) закрепляют на боковой стенке фонаря рядом с отражателем. Под ручку переменного резистора в задней стенке фонаря пропилено прямоугольное отверстие. Конденсатор C2 размещают в любом свободном месте, желательно ближе к печатной плате.

Регулятор рассчитан на совместную работу с лампой накаливания, потребляющей ток не более 150 мА. Для лампы, потребляющей ток до 400 мА, электронный ключ регулятора дополняют вторым транзистором, как показано на рис. 80,*б*.

Схема другого варианта регулятора яркости карманного фонаря приведена на рис. 82. В нем функцию регулирующего элемента выполняет двухконтактный сенсорный элемент, который размещают на корпусе фонаря. На элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор, вырабатывающий прямоугольные колебания со скважностью примерно 1,05, это означает, что почти постоянно на выходе элемента DD1.2 будет напряжение высокого уровня, и только в очень короткие промежутки времени напряжение низкого уровня. Эти импульсы через конденсатор C2 поступают на сенсорный элемент E1, E2, вход элемента DD1.3. Если

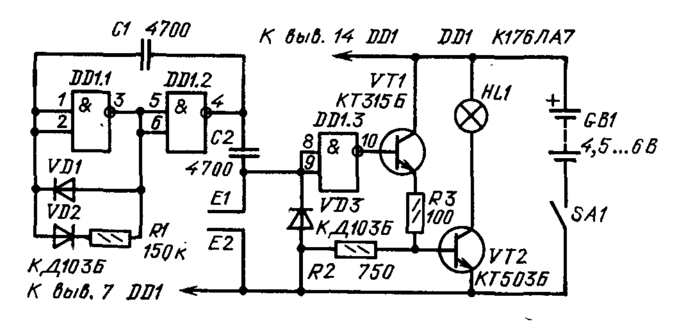


Рис. 82. Схема сенсорного регулятора яркости фонаря

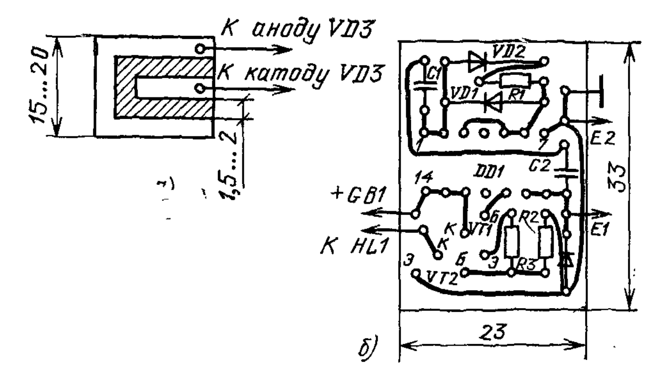


Рис. 83. Монтажная плата (б) и конструкция сенсорного элемента (а)

сопротивление между контактами сенсорного элемента велико, то на входе элемента DD1.3 будут импульсы, аналогичные выходным генератора. Поэтому большую часть времени на выходе элемента DD1.3 будет напряжение низкого уровня, т. е. транзисторы большую часть времени закрыты и лампа накаливания EL1 не светится. Если теперь прикоснуться к сенсорному элементу, то сопротивление между его контактами уменьшится и конденсатор С2 начнет заряжаться через это сопротивление. Чем меньше это сопротивление, тем быстрее осуществляется заряд и тем больший интервал времени на входе элемента DD1.3 будет напряжение низкого уровня, а на его выходе, наоборот, высокого, т. е. тем дольше будут открыты транзисторы VT1, VT2, а значит, больше яркость лампы накаливания. Прижимая пальцем контакты сенсорного элемента, можно изменять сопротивления между ними, т. е. регулировать яркость свечения лампы фонаря.

Монтажная плата регулятора и конфигурация сенсорного элемента показаны на рис. 83.

Металлоискатель

Для поиска металлических предметов, скрытых в земле, кирпичной стене, под снегом, можно использовать прибор, схема которого показана на рис. 84 [27]. Принцип его действия как, впрочем, и большинства подобных устройств основан на сравнении частот двух генераторов: один эталонный со стабильной частотой, а второй, частота которого изменяется под влиянием близко расположенных металлических предметов.

Генератор колебаний стабильной частоты собран на элементе DD1.1, благодаря ООС по постоянному току, образованной резистором R1 и катушкой L1, этот элемент выходит на линейный участок передаточной характеристики, что создает условия для возникновения колебаний на частоте, определяемой контуром C1C2L1C3 (около 100 кГц). Входное сопротивление элемента достаточно высокое, поэтому удается получить удовлетворительную стабильность частоты генератора. Форма колебаний на контуре — синусоидальная, а на выходе элемента DD1.1 — прямоугольная. Частоту генератора в небольших пределах подстраивают конденсатором переменной емкости С2.

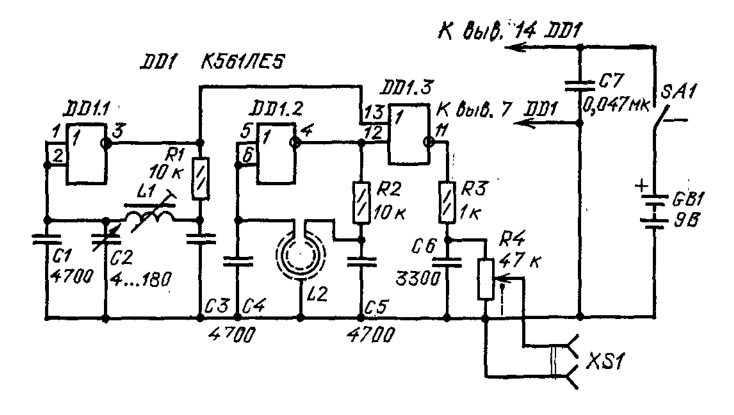


Рис. 84. Схема простого металлоискателя

Второй генератор собран на элементе DD1.2 и аналогичен первому. В качестве контурной катушки используется выносная экранированная катушка, заключенная в алюминиевую трубку. На выходе элемента DD1.2 также формируются прямоугольные импульсы с частотой, близкой к частоте первого генератора.

Колебания с обоих генераторов поступают на элемент DD1.3, который работает как смеситель сигналов. На его выходе возникают сигналы как основных частот генераторов, так и сигналы разностных и суммарных частот, в том числе и частот гармонических составляющих. Самым мощным из них является сигнал разностной частоты — он и выделяется фильтром НЧ R3C6. С резистора R4 этот сигнал поступает через гнездо XS1 на высокоомный телефон, который преобразует его в звуковой сигнал.

В устройстве применен конденсатор C2 — КП-180, от радиоконструктора «Юность КП101» или любой другой с максимальной емкостью не менее 150 пФ. Конденсаторы C1, C3 — C5 должны иметь ТКЕ не хуже М750, что повышает термостабильность работы всего устройства, переменный резистор R4 — СП3-3В с сопротивлением 10...68 кОм. Катушку L1 наматывают на трехсекционном каркасе с подстроечным сердечником (контура ПЧ радиоприемника «Сокол-40») и помещают в броневой магнитопровод диаметром 8,8 мм из феррита 600 НН. Катушка содержит 200 витков провода ПЭВ-2 0,08 ... 0,09. Контурную катушку L2 второго генератора выполняют следующим образом. В алюминиевую тонкостенную трубку диаметром 6 ... 9 мм и длиной около 950 мм продевают 18 отрезков провода в надежной изоляции. Затем трубку сгибают на оправке диаметром примерно 15 см, а отрезки провода соединяют между собой последовательно. Индуктивность такой катушки должна быть примерно 350 мкГн. Концы трубки оставляют разомкнутыми, но один из них соединяют с общим проводом. В качестве источника питания можно использовать батареи «Крона», «Корунд».

Детали металлоискателя, кроме выносной катушки L2, монтируют на печатной плате из фольгированного текстолита (рис. 85). Входы неиспользуемых элементов соединяют с общим проводом. Плату размещают в металлическом, обязательно немагнитном корпусе, просверлив в нем отверстия под оси резисто-

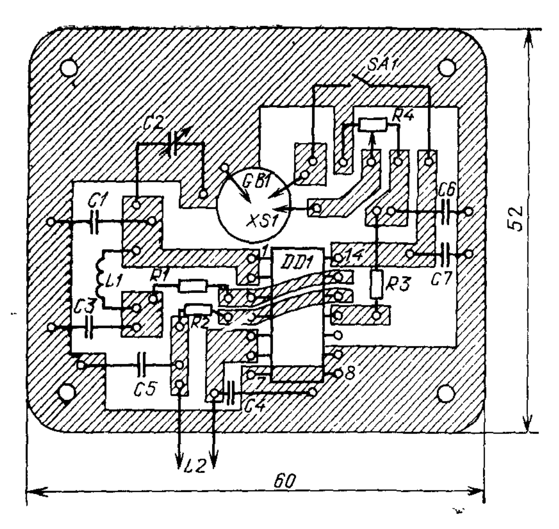


Рис. 85. Монтажная плата простого металлоискателя

ра R4 и конденсатора C2. Сверху к корпусу крепится выносная катушка L2, а снизу — полая ручка, внутри которой размещают источник питания.

Приступая к налаживанию металлоискателя, ручку конденсатора устанавливают в положение, соответствующее средней емкости, и, вращая подстроечный сердечник катушки L1, добиваются появления в телефонах нулевых биений. Настройку можно считать правильной, если при малом повороте ручки переменного конденсатора в телефонах будет появляться звуковой сигнал низкой частоты. Проводить настройку следует на расстоянии не менее метра от массивных металлических предметов.

Пользуются металлоискателем так. Конденсатором C2 устанавливают возможно меньшую частоту биений, чем она меньше, тем больше чувствительность устройства. При приближении катушки L2 к металлическому предмету ее индуктивность, а значит, и частота второго генератора изменяется, при этом изменяется и разностная частота, т. е. тональность сигнала в телефонах. По характеру изменения тона сигнала судят о размерах обнаруженного предмета и его магнитных свойствах.

Если предмет из магнитного материала (железо, феррит, никель и т. д.), то индуктивность выносной катушки увеличивается, а частота второго генератора уменьшается. Но если предмет из немагнитного материала (медь, алюминий, латунь и т. д.), то индуктивность уменьшается, а частота генератора увеличивается.

При поиске предметов из магнитных материалов частоту эталонного (первого) генератора следует устанавливать выше частоты второго генератора, тогда при приближении к такому предмету катушки L2 тональность звукового сигнала будет увеличиваться. При поиске предметов из немагнитного материала частоту эталонного генератора следует устанавливать ниже частоты второго генератора. Но можно сразу установить частоту звукового сигнала примерно 300 ... 500 Гц (частота первого генератора при этом должна быть ниже), тогда повышение тональности звукового сигнала свидетельствует о на-

личии предмета из немагнитного материала, а при ее понижении — о наличии предмета из магнитного материала.

Одним из недостатков описанного простого металлоискателя является невозможность работы на частоте биений, составляющей несколько герц. Этот недостаток обусловлен тем, что столь низкие частоты практически не воспроизводятся головными телефонами, а во-вторых, при столь близких частотах двух генераторов возможен «захват» частоты и их взаимная синхронизация, что делает работу с металлоискателем неудобной. Второе объясняется тем, что оба генератора собраны на одной микросхеме и даже на одном кристалле и между ними неизбежно возникают паразитные связи, которые устранить практически невозможно. Эти недостатки и вынуждают использовать в металлоискателе частоту биений более 100...200 Гц, что снижает его чувствительность.

Металлоискатель, схема которого приведена на рис. 86, свободен от подобных недостатков. Он содержит большее число деталей, но все же относится к простым в изготовлении и налаживании. Эталонный генератор собран на элементах DD1.1 и DD1.2, а перестраиваемый — на элементах DD2.1 и DD2.2. В генераторах работают разные микросхемы, которые имеют развязку по питанию, что значительно уменьшает паразитные связи между ними и позволяет пользоваться металлоискателем на низкой частоте биений.

В смесителе сигналов работает элемент DD3.1, на выходе которого установлен фильтр низкой частоты R3C8. Чтобы обеспечить прослушивание биений с частотой несколько герц, используют преобразователь синусоидального напряжения в короткие импульсы, собранный на элементах DD3.2 — DD3.4. За время одного периода синусоидального колебания преобразователь переключается дважды, а так как время переключения мало, то в головных телефонах при этом прослушивают щелчки, причем достаточно громкие, несмотря на низкую частоту их следования.

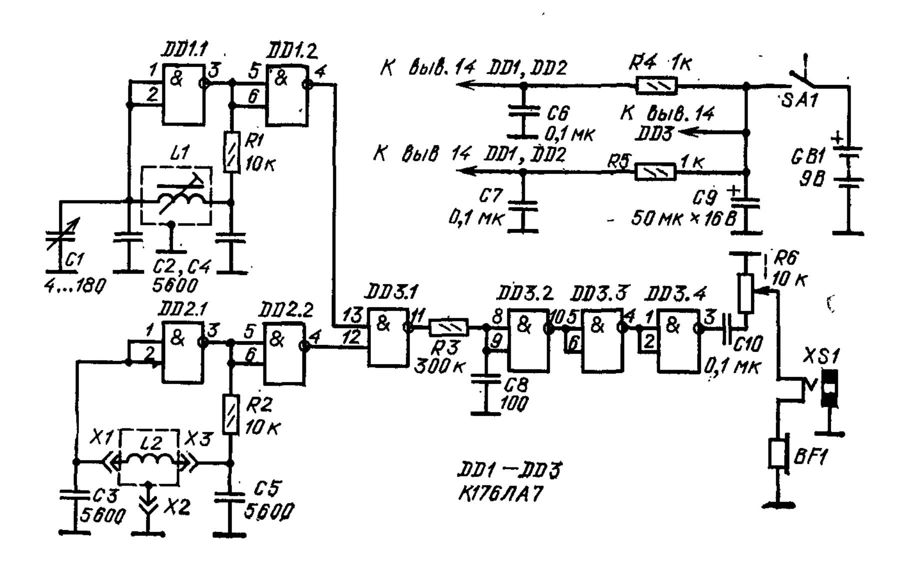


Рис. 86. Схема улучшенного варианта металлоискателя

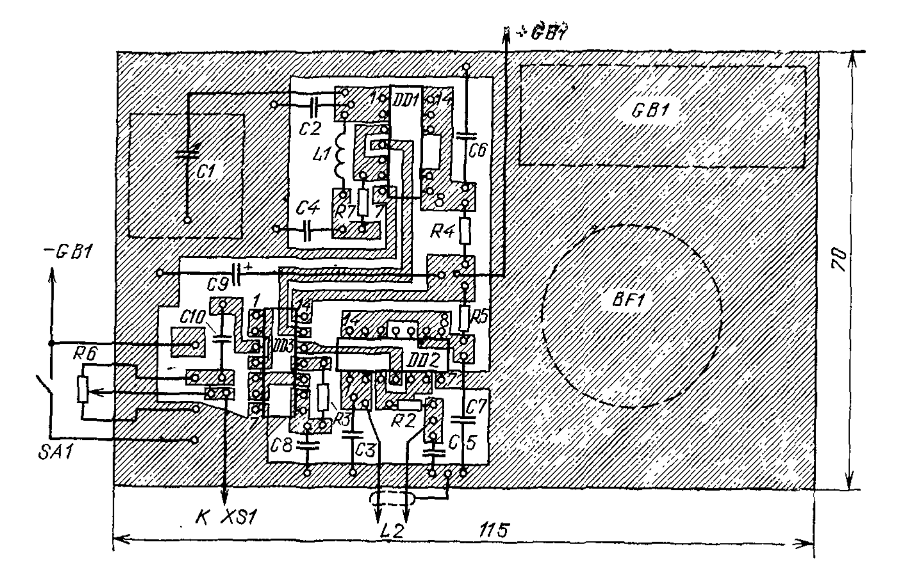


Рис. 87. Монтажная плата улучшенного варианта металлоискателя

Телефон BF1 можно встроить в корпус металлоискателя или подключать его к гнезду XS1. Уровень громкости звучания телефона регулируют резистором R6, совмещенным с выключателем питания.

Для монтажной платы металлоискателя желательно использовать двусторонний фольгированный текстолит. Фольгу на одной стороне используют для печатных проводников и монтажа деталей (рис. 87), фольгу второй стороны соединяют с общим проводом и она работает как электростатический экран.

Конструкция этого варианта металлоискателя и контурных катушек генераторов такие же, как у предыдущего, и налаживание проводится аналогично.

Для удобства использования металлоискателей в различных условиях катушки (выносные) могут быть сменными с различными диаметрами, естественно, что число витков этих катушек должно быть другим.

Реле времени на базе генератора с регулируемой скважностью импульсов

Принцип действия большинства электронных реле времени (таймеров) основан на использовании зарядки или разрядки конденсатора через резистор. Структурная схема такого реле времени приведена на рис. 88. Оно содержит источник питающего напряжения $U_{пит}$, переменный резистор R, набор конденсаторов (C1 — C3), пороговое устройство (компаратор) и элемент сигнализации HL. Работу такого реле поясняют графики на рис. 88. Конденсатор плавно заряжается, и напряжение на нем увеличивается, по достижению порога срабатывания компаратора на его выходе появляется сигнал, включающий элемент сигнализации, который оповещает об окончании времени выдержки. Длительность выдержки определяется номиналом резистора, емкостью конденса-

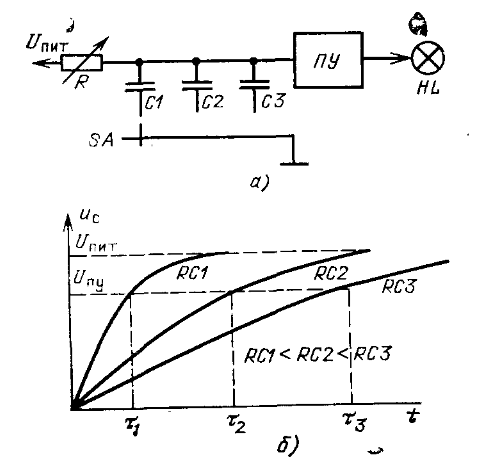


Рис. 88. Структурная схема реле времени

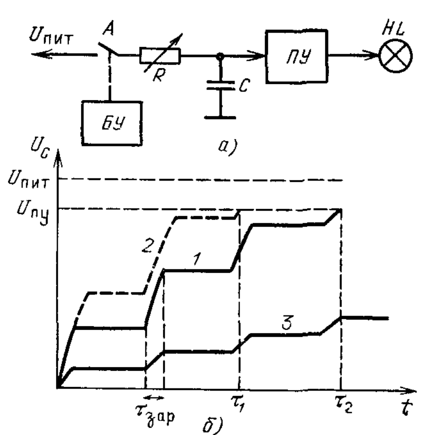


Рис. 89. Структурная схема реле времени с переключением поддиапазонов (*а*) и зависимость U_c от времени

тора, значением напряжения питания и порогом срабатывания компаратора. На практике это время обычно устанавливают плавным или ступенчатым изменением сопротивления резистора и включением конденсаторов различной емкости. Это позволяет проградуировать шкалу резистора и переключателя поддиапазонов в единицах времени. Но при использовании только одной шкалы необходим тщательный подбор емкостей конденсаторов, это неудобно, так как приходится иметь дело с конденсаторами большой емкости.

На рис. 89 приведена структурная схема реле времени с иным методом переключения поддиапазонов. В таком устройстве конденсатор С также заряжается через резистор R, но процесс зарядки происходит не постоянно, а в течение времени, когда замкнуты контакты SA, которыми управляет специальный блок управления. Этот блок через определенное время на короткий интервал $\tau_{зар}$ замыкает контакты. Скорость зарядки конденсатора определяется номиналами резистора и емкостью конденсатора, как и в других реле, основанных на процессах заряда — разряда, но заряд происходит не постоянно и когда контакты разомкнуты, конденсатор хранит в своей «памяти» значение накопленной энергии.

В таком реле время длительности зарядки конденсатора до напряжения срабатывания компаратора можно изменять двумя способами.

Первый — изменением интервала времени зарядки $\tau_{зар}$. Если его увеличивать, что по сравнению с исходным процессом (рис. 89,*б*, график 1) конденсатор быстрее зарядится до напряжения срабатывания компаратора (рис. 89,*б*, график 2), если уменьшать $\tau_{зар}$, то медленнее. Второй — изменением скорости зарядки конденсатора, это производится изменением сопротивления резистора R, в этом случае $\tau_{зар}$ не изменяется, но за этот интервал конденсатор успевает зарядится только до другого напряжения (рис. 89,*б*, график 3). Следовательно, длительность выдержки можно регулировать как резистором, так и блоком управления, при этом резистором удобнее осуществлять плавную регулировку, а блоком управления — грубую, например $\times 2$, $\times 10$, $\times 100$ и т. д.

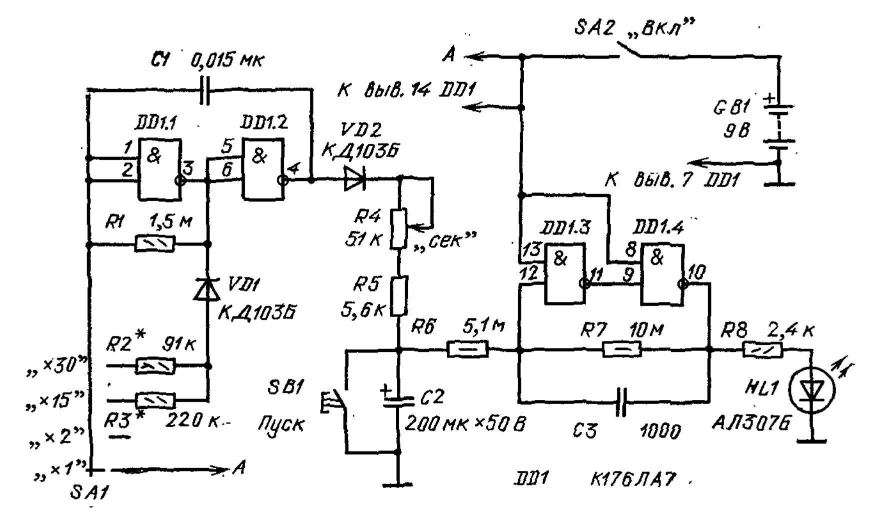


Рис. 90. Схема реле времени на базе генератора с регулируемой скважностью импульсов

Схема реле времени, работающего по такому принципу, приведена на рис. 90. В ней в качестве блока управления и контактов используют генератор с регулируемой скважностью импульсов, собранный на элементах DD1.1, DD1.2. На элементах DD1.3 и DD1.4 собран компаратор, к выходу которого через резистор R8 подключен светодиод HL1. Плавную установку времени выдержки в пределах 1 ... 10 с осуществляют резистором R4, а ступенчатую — переключателем SA1, изменяя им скважность генерируемых импульсов.

При нажатии на кнопку «Пуск» конденсатор C2 быстро разряжается и начинается отсчет времени выдержки, по окончании выдержки загорается светодиод HL1.

Плату реле времени (рис. 91) размещают в корпусе подходящего размера, на стенке или крышке корпуса крепят переключатель SA1, кнопку SB1, выключатель питания SA2, переменный резистор R4 и светодиод.

Для питания устройства можно использовать батареи «Крона» и аналогичные, но для повышения стабильности времени выдержки следует использовать стабилизированный источник питания. Шкалу переменного резистора R4 градуируют в единицах времени. Подбором резисторов R2 и R3 устанавливают требуемый коэффициент умножения единиц времени выдержки.

Это реле можно снабдить и звуковым сигналом, для этого в схему следует ввести простейший звуковой генератор с телефоном на выходе, описания которого приводились ранее.

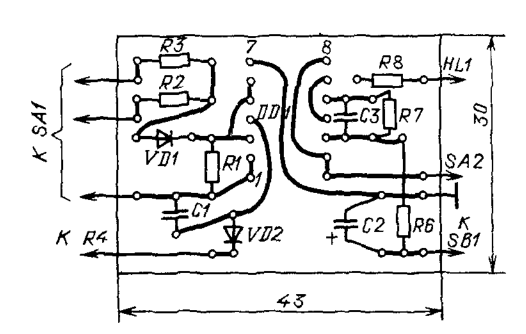


Рис. 91. Монтажная плата реле времени

Малогабаритный радиоприемник

На одной цифровой микросхеме можно собрать приемник прямого усиления [28], обеспечивающий уверенный прием программ вещательных станций, работающих в диапазоне длинных волн. Схема такого приемника показана на рис. 92,*а*. В нем элемент DD1.1 работает как усилитель радиосигнала, наведенного в магнитной антенне. Резистор R1 создает цепь ООС по постоянному току, выводящую элемент на линейный участок передаточной характеристики. Конденсатор C2 устраняет ООС по переменному току. Настройка приемника производится конденсатором C1. Благодаря высокому входному сопротивлению элемента добротность антенного контура получается достаточно высокой.

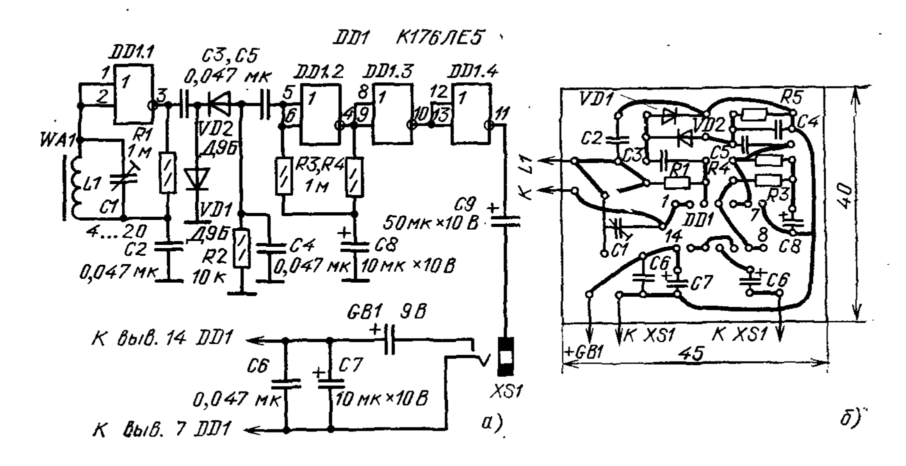


Рис. 92. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) приемника прямого усиления

Усиленный сигнал детектируется диодами VD1, VD2 и поступает на усилитель ЗЧ, собранный на элементах DD1.2—DD1.4. Эти элементы благодаря ООС по постоянному току через фильтр НЧ R3R4C8 также выводятся на линейный участок передаточной характеристики, нагрузкой усилителя является малогабаритный телефон типа ТМ-4. Конденсаторы C6 и C7 предотвращают возможное самовозбуждение приемника.

Катушку магнитной антенны размещают на стержне из феррита 600НН диаметром 8 мм, его длину следует выбирать возможно большей, это повысит чувствительность приемника. Для диапазона длинных волн катушка должна содержать 900 витков провода ПЭВ 0,07 ... 0,1, намотанных в секциях по 50 ... ... 100 витков. Монтажная плата приемника показана на рис. 92,*б*.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Стабилизаторы напряжения

Для питания различных радиоэлектронных устройств на цифровых микросхемах часто требуются источники питания с различным выходным напряжением, для микросхем ТТЛ — 5 В ±5%, ЭСЛ — 5,2 В ±5%, а для

КМОП — 9 В ±10%. Для этих целей используют стабилизаторы напряжения на транзисторах, что ведет к увеличению числа деталей, размеров всего устройства и снижению его экономичности. При конструировании такой аппаратуры некоторые элементы микросхем нередко остаются неиспользованными. Тем не менее они все равно потребляют энергию (за исключением элементов КМОП). Между тем эти элементы можно с успехом использовать в составе линейного стабилизатора напряжения, сократив, таким образом, общее число транзисторов или улучшив показатели стабилизатора.

Схема такого стабилизатора напряжения с применением элемента ТТЛ приведена на рис. 93 [11]. В нем нет традиционного стабилитрона, эффект стабилизации осуществляется за счет специфического режима работы логического элемента, о чем уже говорилось ранее. Элемент DD1.1 выполняет функции сравнивающего устройства, а DD1.2 и DD1.3 работают как усилители напряжения постоянного тока. Для согласования мощного выходного регулирующего транзистора VT1 с элементом служит транзистор VT2. Для устойчивой работы стабилизатора в нем применена местная ООС по высокой частоте через конденсатор C1.

Основные параметры такого стабилизатора: напряжение стабилизации 4 ... 5,5 В; максимальный ток нагрузки 1 А; коэффициент стабилизации 70, выходное сопротивление 0,02 Ом.

Если стабилизатор работает на ток нагрузки не более 0,5 А, то транзистор VT1 может быть типа ГТ402 — ГТ402Г. Можно также применить транзисторы КТ814А — КТ814Г, но в этом случае сопротивление резистора R3 следует увеличить в 2 ... 3 раза.

Налаживание стабилизатора сводится к установке требуемого выходного напряжения подбором резистора R1.

К его недостаткам можно отнести относительно узкий интервал выходного напряжения (4 ... 5,5 В) и невысокую температурную стабильность выходного напряжения.

В подобных стабилизаторах напряжения можно использовать и элементы КМОП, но только как линейные усилители и совместно со стабилитронами. При последовательном включении элементов КМОП можно добиться большого коэффициента стабилизации.

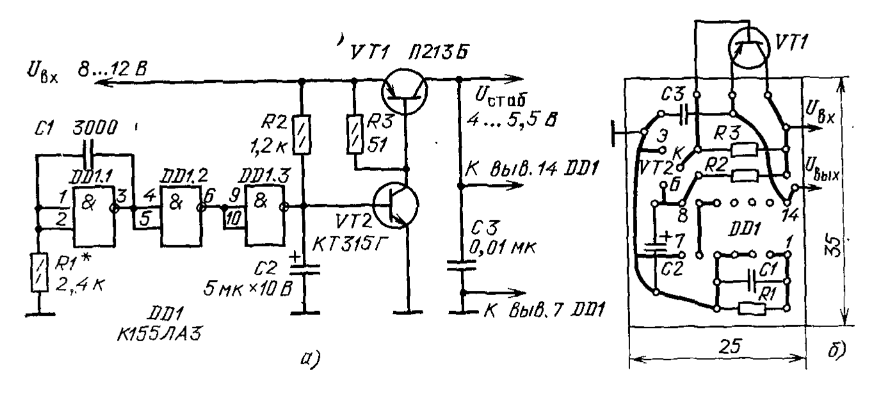


Рис. 93. Схема стабилизатора напряжения (а) и его монтажная плата (б)

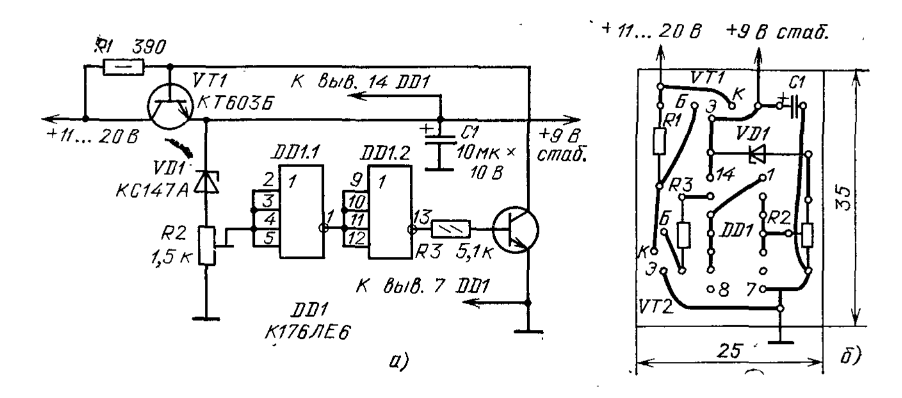


Рис. 94. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) стабилизатора напряжения на микросхеме серии 176

Схема такого варианта стабилизатора приведена на рис. 9.4,*а*. Его основные параметры: выходное напряжение 7 ... 10 В; максимальный ток нагрузки 0,3 А; коэффициент стабилизации 1000; выходное сопротивление 0,05 Ом.

Суть действия такого стабилизатора заключается в следующем. После подачи на его вход напряжения выходное напряжение начнет увеличиваться, и когда оно достигнет примерно 4,7 В (напряжение стабилизации стабилитрона VD1), на входе элемента начнет появляться напряжение. Когда оно достигнет напряжения, соответствующего линейному участку передаточной характеристики, стабилизатор и элемент DD1.2 начнут работать как усилители постоянного напряжения. Для согласования выхода элемента DD1.2 с регулирующим транзистором VT1 служит транзистор VT2. Если выходное напряжение увеличивается, то увеличивается и напряжение на входе элемента DD1.1, причем в процентном отношении значительнее, чем на выходе стабилизатора. Это изменение усиливается, что приводит к увеличению напряжения на выходе элемента DD1.2. Это в свою очередь приведет к открыванию транзистора VT2, закрыванию VT1, т. е. уменьшению выходного напряжения. Таким образом, выходное напряжение будет стабилизироваться.

Монтажная плата стабилизатора приведена на рис. 94,*б*. Его налаживание сводится к установке требуемого значения выходного напряжения подстроечным резистором R2. При этом, если использовать элементы микросхем серий 561 или 564, выходное напряжение может быть в пределах 3 ... 15 В. В этом случае стабилитрон должен быть с другим напряжением стабилизации, которое можно определить по приближенной формуле $U_{ст} \approx 0{,}3U_{вых}$, где $U_{ст}$ — напряжение стабилизации стабилитрона; $U_{вых}$ — выходное напряжение стабилизатора.

Сопротивление резистора R2 следует выбирать исходя из значения номинального тока стабилизации используемого стабилитрона.

Преобразователь напряжения для питания варикапов

Использование варикапов в переносных радиоприемниках вынуждает использовать для их питания преобразователи напряжения, повышающие напряжение источников питания примерно до 20 В. В таких преобразователях

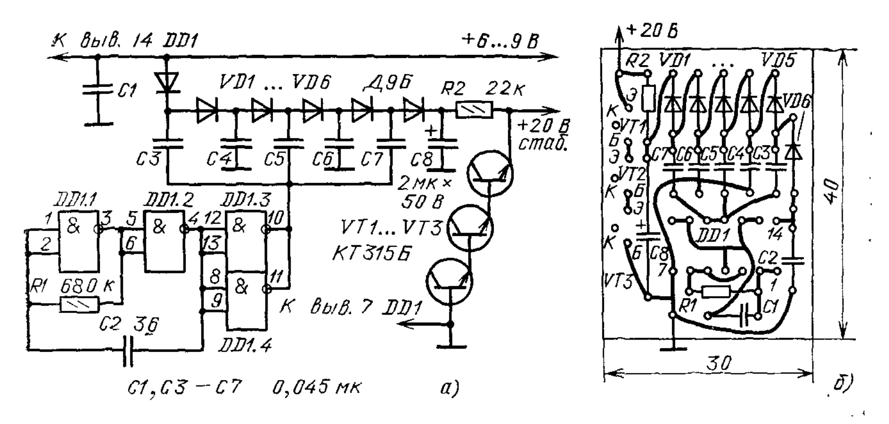


Рис. 95. Схема (*а*) и монтажная плата преобразователя напряжения для питания варикапов (*б*)

часто используют повышающие трансформаторы, которые трудоемки в изготовлении. Их магнитные поля могут стать источниками помех, особенно в малогабаритных радиоприемниках.

Этих недостатков лишен преобразователь, собранный по схеме рис. 95,*а*. Он не содержит намоточных деталей и практически не нуждается в налаживании. Элементы DD1.1 и DD1.2 образуют генератор прямоугольных импульсов, элементы DD1.3 и DD1.4 используются в качестве буферных. В умножителе напряжения работают диоды VD1—VD6, конденсаторы C3—C7, конденсатор C8 служит для сглаживания выпрямленного напряжения, а на транзисторах VT1—VT3 и резисторе R2 собран параметрический стабилизатор напряжения. Здесь в качестве стабилитронов используются обратносмещенные эмиттерные переходы транзисторов, у которых режим стабилизации наступает уже при токе 5 ... 10 мкА.

Все детали преобразователя можно смонтировать на печатной плате размерами 30×40 мм (рис. 95,*б*).

Налаживания преобразователя не требуется, в случае необходимости выходное напряжение можно изменить подбором транзисторов VT1—VT3, для этих целей подойдут транзисторы КТ316, КТ312, КТ315 с любыми буквенными индексами.

Рассмотрим краткие характеристики макета преобразователя, собранного по данной схеме. При изменении напряжения питания от 6,5 до 9 В потребляемый ток увеличивается от 0,8 до 2,2 мА, а выходное напряжение — не более, чем на 8 ... 10 мВ.

При необходимости выходное напряжение преобразователя можно поднять путем увеличения звеньев умножителя напряжения и числа транзисторов в параметрическом стабилизаторе.

Преобразователи напряжения с повышающим трансформатором

В тех случаях, когда нет особой необходимости в экономичности преобразователя, простой преобразователь напряжения можно собрать на повышающем трансформаторе с использованием одного логического элемента. Схе-

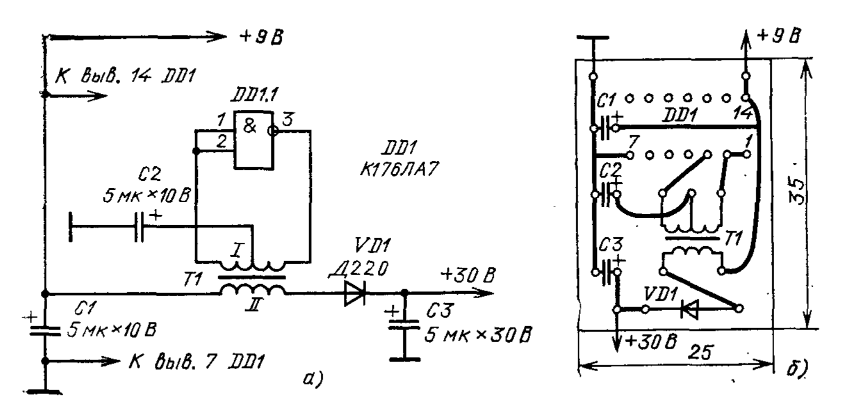


Рис. 96. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) преобразователя напряжения на одном логическом элементе

ма такого преобразователя приведена на рис. 96. Генератор образован элементом DD1.1 и первичной обмоткой трансформатора T1. Через эту обмотку осуществляется ООС по постоянному току, благодаря чему элемент выходит на линейный участок передаточной характеристики. Отвод от середины первичной обмотки трансформатора соединен через конденсатор C2 с общим проводом, что и обеспечивает необходимые фазовые соотношения и возможность генерации, на частоте, определяемой параметрами обмотки трансформатора. Так как через правую (по схеме) половину первичной обмотки протекает выходной ток элемента, то на вторичной обмотке трансформатора возникает переменное напряжение, которое выпрямляется диодом VD1 и сглаживается конденсатором C3. При напряжении питания 9 В и токе нагрузки 0,3 мА выходное напряжение составляет 25 ... 30 В.

В этом преобразователе можно использовать практически любые логические элементы с инверсией входного сигнала микросхем К176, К561, К564. Диод может быть любой выпрямительный с обратным напряжением не менее 50 В. В качестве трансформатора T1 используют согласующий трансформатор малогабаритного транзисторного радиоприемника VI, III класса.

Какого-либо налаживания преобразователь не требует, начиная работать сразу же после включения питания.

Схема еще одного преобразователя, содержащего минимальное число деталей, приведена на рис. 97. В его генераторе работают два элемента и такой же трансформатор, как в предыдущей схеме. Диод VD1 также выполняет функцию однополупериодного выпрямителя. Генератор возбуждается благодаря ООС по постоянному току через первичную обмотку и соответствующему включению трансформатора. Этот преобразователь, как, впрочем, и предыдущий, работоспособен при напряжении от 6 до 10 В, а при использовании элементов микросхем серий К561, К564 и от 4 до 15 В. Естественно, что напряжение преобразователя зависит от питающего напряжения. Для стабилизации выходного напряжения следует применить параметрический стабилизатор, аналогичный описанному ранее.

В случае необходимости создания малогабаритного преобразователя, взамен согласующего трансформатора можно использовать малогабаритный само-

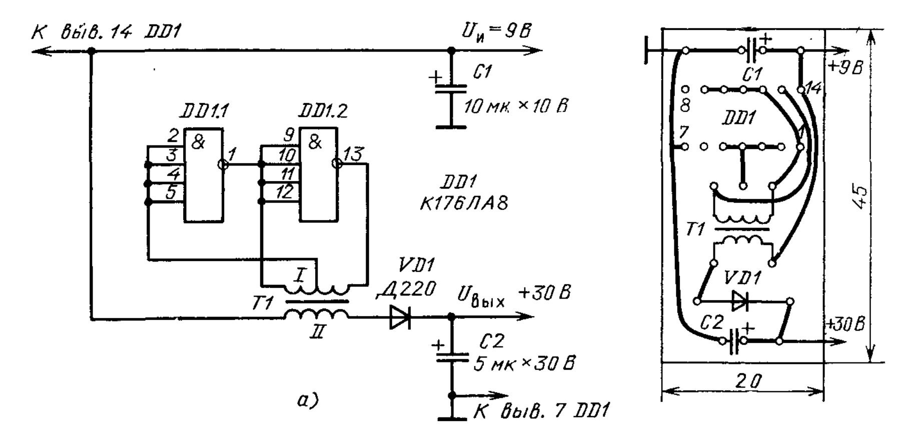


Рис. 97. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) преобразователя напряжения на микросхеме К176ЛА8

дельный трансформатор, а частоту увеличить до 500 ... 800 кГц. В этом случае емкость конденсатора С2 надо уменьшить до 3300 ... 6800 пФ, а С3 — до 0,033 мкФ. Трансформатор Т1 наматывают на ферритовом кольце 2000 НМ типоразмера К5×3×1,5. Первичная обмотка содержит 60 витков с отводом от середины, а вторичная — 150 витков провода ПЭВ 0,06. Выпрямительный диод в этом случае должен быть, конечно, высокочастотным.

Преобразователь напряжения для питания газоразрядных индикаторов

Для питания газоразрядных индикаторов необходимо постоянное или пульсирующее напряжение 100 ... 200 В. Но получить такое напряжение с помощью описанных ранее преобразователей затруднительно по двум причинам. Во-первых, выходная мощность элементов микросхем недостаточна для обеспечения требуемого тока газоразрядных индикаторов, во-вторых, усложняется конструкция и технология изготовления повышающего трансформатора. Реальным выходом из этого положения может быть введение в преобразователь мощного транзистора и замена повышающего трансформатора накопительным дросселем.

Схема возможного варианта такого преобразователя для питания анодных цепей газоразрядных индикаторов типа ИН приведена на рис. 98,*а*. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор импульсов частотой около 5 ... 8 кГц и скважностью 9 ... 10, на элементе DD1.3 собран буферный каскад. Когда на выходе элемента DD1.3 появляется напряжение высокого уровня, транзистор открывается и через дроссель L1 течет ток. В этот момент происходит накопление энергии в магнитном поле катушки. Когда же на выходе DD1.3 появляется напряжение низкого уровня, транзистор VT1 закрывается и ток через катушку прекращается. В этом случае на обмотке действует ЭДС самоиндукции, значение которой зависит от количества запасенной в магнитном поле энергии, и может достигать сотен вольт. Поэтому на выходе преобразователя возникают импульсы напряжения, достаточного для возникновения тлеющего

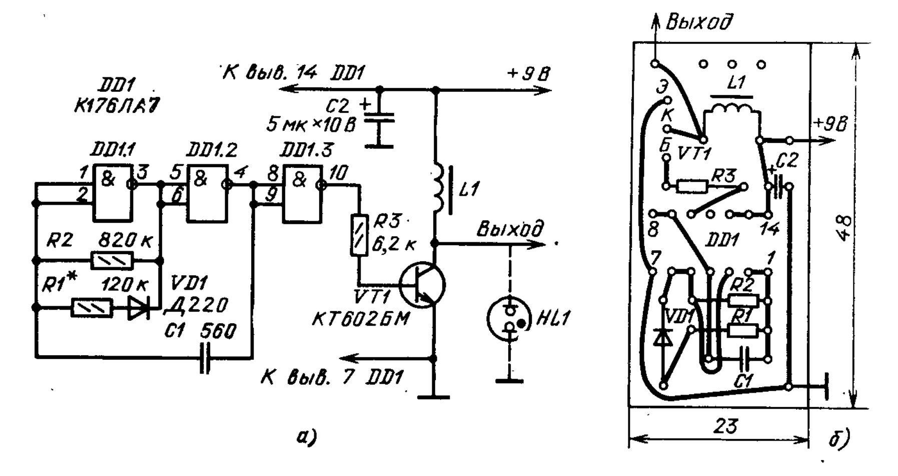


Рис. 98. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) преобразователя напряжения для питания газоразрядных индикаторов

разряда в газоразрядных индикаторах. Так как энергия импульса ограничена, то в индикаторах не возникает дуговой разряд и их нормальная работоспособность не нарушается. Амплитуда выходных импульсов ограничивается в основном электрической прочностью транзистора и дросселя и может достигать для этого транзистора 150 ... 180 В. Такого напряжения вполне достаточно для нормальной работы большей части одиночных индикаторов типа ТН, МН, МТХ90. Для питания знаковых индикаторов в преобразователе необходимо применить более высоковольтные транзисторы — КТ604, КТ605, КТ618.

Монтажная плата показана на рис. 98,*б*. В качестве накопительного дросселя L1 используют первичную обмотку согласующего трансформатора транзисторного радиоприемника. Лучше катушку выполнить на кольцевом магнитопроводе из феррита 2000НМ типоразмера 620×12×6 проводом ПЭВ, 0,08 с числом витков 1000 ... 1200. Витки катушки равномерно размещают на кольцевом магнитопроводе, а сам магнитопровод предварительно обматывают лакотканью или изолентой. Налаживание преобразователя сводится к подбору резистора R1, чтобы получить наибольшую яркость свечения индикатора при наименьшем потребляемом токе, возможно, понадобится подбор емкости конденсатора C1.

При испытании преобразователя потребляемый им ток при отключенной нагрузке не превышает 3 ... 4 мА, а при подключении тиратрона тлеющего разряда МТХ90 он увеличивается до 30 ... 40 мА. При этом яркость свечения такого индикатора вполне достаточная.

Преобразователь полярности напряжения

Такой преобразователь (рис. 99) может быть полезен в тех случаях, когда для питания одного из узлов устройства необходимо двухполярное напряжение, а изготовление для этих целей дополнительного блока питания нецелесообразно.

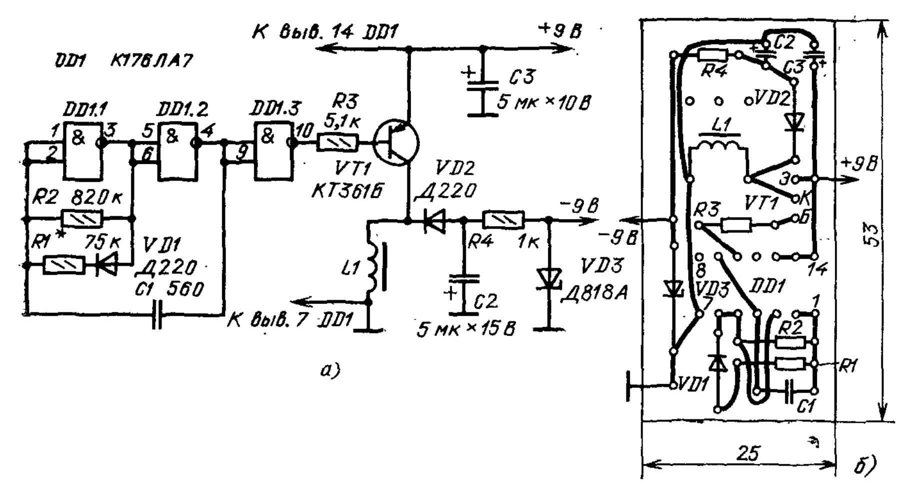


Рис. 99. Схема (*а*) и плата (*б*) преобразователя полярности напряжения

В принципе, он аналогичен предыдущему преобразователю, изменено только включение транзистора и катушки индуктивности. Работает он так же: сначала накапливается энергия в магнитном поле катушки, которая затем преобразуется в напряжение отрицательной полярности. Далее импульсы отрицательного напряжения выпрямляются диодом VD2, сглаживаются конденсатором C2, а выходное напряжение стабилизируется параметрическим стабилизатором R4VD3. Преобразователь обеспечивает выходной ток до 4 ... 5 мА.

Подбором резистора R1 добиваются максимально возможного выходного тока при минимальном токе потребления от источника питания 9 В, т. е. получения максимального КПД.

Регулятор мощности, не создающий помех

Это устройство пригодно для регулировки мощности, потребляемой паяльником, электроплиткой, кипятильником, утюгом и многими другими нагревательными приборами, кроме осветительных.

Регулировка мощности на нагрузке осуществляется за счет изменения числа полупериодов сетевого напряжения, поступающего на нее, что обеспечивает низкий уровень помех по сравнению с регуляторами, в которых используется фазоимпульсный метод регулирования.

Коммутация тринисторов осуществляется в момент, а точнее, вблизи момента перехода сетевого напряжения через нуль, что и обусловливает минимальный уровень помех.

Схема регулятора приведена на рис. 100. На элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор импульсов с регулируемой резистором R1 скважностью импульсов, и который управляет вторым генератором прямоугольных импульсов, собранным на элементах DD1.3 и DD1.4 с частотой следования импульсов около 1 кГц. Импульсы с второго генератора через конденсатор C4 поступают на транзистор VT1, а с его эмиттера — на управляющий электрод тринистора VS1. Таким образом, тринистор открывается короткими мощными импульсами

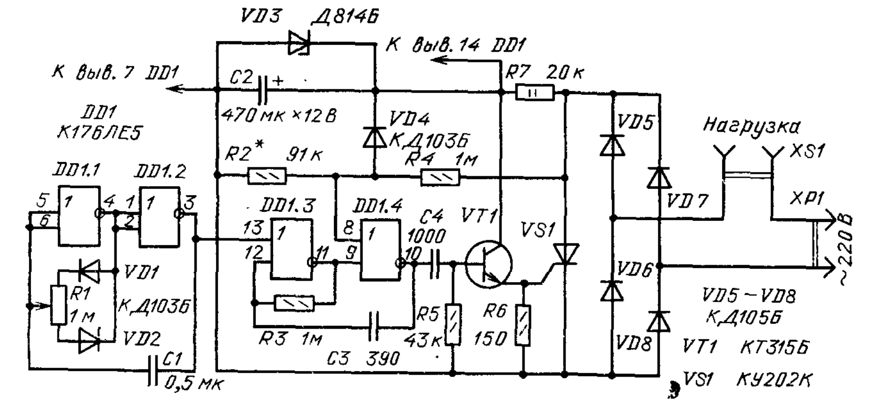


Рис. 100. Схема регулятора мощности, не создающего помех

тока, что повышает надежность его срабатывания, а также и экономичность регулятора в целом.

Рассмотрим, как осуществляется регулировка мощности на нагрузке. Электронная часть регулятора питается от простейшего параметрического стабилизатора напряжения R7VD3. Сразу же после подключения нагрузки напряжение поступает на регулятор и начинает работать первый генератор. В моменты, когда на выходе элемента DD1.2 будет напряжение высокого уровня, второй генератор не работает. Он начинает работать только тогда, когда на обоих входах элемента DD1.4 появляется напряжение низкого уровня, а так как на один его вход (вывод 8) поступает пульсирующее напряжение с выпрямителя на диодах VD5—VD8, то напряжение такого уровня на нем бывает лишь тогда, когда значение сетевого напряжения не превышает 9 ... 12 В, т. е. находится вблизи нуля.

В результате тринистор VS1 открывается вблизи момента перехода сетевого напряжения через нуль и только при наличии или во время действия

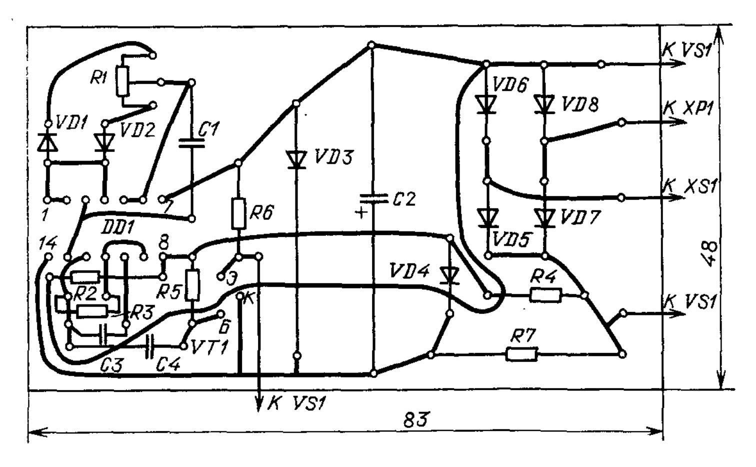


Рис. 101. Монтажная плата регулятора мощности

напряжения низкого уровня на выходе первого генератора. Отсюда следует, что изменяя это время резистором R1, можно изменять число полупериодов сетевого напряжения, в течение которых тринистор будет открыт, и тем самым изменять мощность, потребляемую нагрузкой.

Поскольку частота срабатывания тринистора составляет несколько герц, то этот регулятор не пригоден для регулирования яркости осветительных приборов, поскольку их мигание будет заметным. Для защиты элемента DD1.4 служит диод VD4.

Монтажная плата регулятора показана на рис. 101. Для указанных на схеме элементов мощность нагрузки не должна превышать 120 Вт, если нагрузка мощнее, то диоды VD5—VD8 должны быть КД202Ж—КД202Р, Д245—Д245Б, Д246, Д247. При мощности нагрузки 300 Вт и более тринистор необходимо устанавливать на теплоотводящий радиатор.

Налаживание регулятора сводится к подбору резистора R2 (можно установить подстроечный резистор) сопротивлением 150 ... 200 кОм по минимуму помех при сохранении устойчивой работы. Индикатором помех может служить радиовещательный приемник, работающий в диапазоне длинных волн и размещенный вблизи регулятора.

Автоматическое зарядное устройство

Оно предназначено для зарядки аккумуляторной батареи 7Д-0,0115 до номинальной емкости, по окончании зарядки устройство отключает батарею от зарядной цепи и выдает сигнал об этом. Устройство исключает как недозарядку, так и перезарядку аккумулятора, что несомненно продлевает срок его службы, помехоустойчиво, так как осуществляет контроль степени зарядки батареи в течение короткого времени и при отключении ее от сети.

Схема зарядного устройства показана на рис. 102. Конденсаторы C1 и C2 гасят избыточное напряжение сети и обеспечивают требуемый зарядный ток аккумулятора. При отключении устройства от сети резистор R1 обеспечивает разряд этих конденсаторов. На стабилитронах VD1 и VD2 собран выпрямитель и ограничитель напряжения, а на стабилитроне VD3 — источник опорного напряжения. На полевом транзисторе выполнен управляемый ключ, подключающий и отключающий аккумуляторную батарею от зарядной цепи. На элементах DD1.1 и DD1.3 собран компаратор напряжения. Элементы DD1.2 и DD1.4 образуют генератор импульсов с периодом следования около 40 с и скважностью примерно 1,01. Это значит, что на выходе элемента DD1.4 в течение примерно 40 с будет напряжение высокого уровня, затем в течение 2 ... 3 с напряжение низкого уровня, затем на 40 с — высокого и т. д.

При действии напряжения высокого уровня транзистор VT1 открывается и происходит процесс заряда аккумулятора, о чем сигнализирует горящий светодиод HL1. Одновременно этим же напряжением блокируется работа компаратора напряжения — он не реагирует на входные напряжения. Когда же на выходе элемента DD1.4 появляется напряжение низкого уровня, то транзистор VT1 закрывается напряжением заряжаемой батареи, процесс зарядки прекращается и светодиод гаснет, в это время компаратор переходит в режим измерения напряжения аккумулятора. На элементе DD2.1 собран инвертор, а на DD2.2 и DD2.3 — RS-триггер, который является элементом «памяти» устройства.

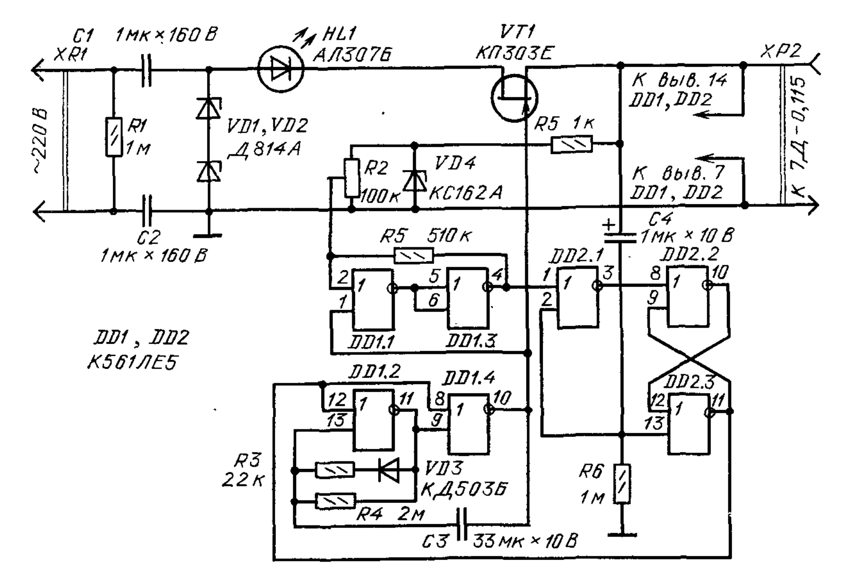


Рис. 102. Схема автоматического зарядного устройства

Работа устройства заключается в следующем. К нему в первую очередь подключают аккумулятор и его напряжение через конденсатор С4 поступает на входы элементов DD2.1 и DD2.3 и устанавливает RS-триггер в состояние с напряжением низкого уровня на входе элемента DD2.3. В этом случае генератор начнет работать и будет происходить процесс зарядки аккумулятора.

Если напряжение аккумулятора не достигло требуемого уровня, то в режиме измерения компаратор не срабатывает и на его выходе остается напряжение высокого уровня. Так продолжается до тех пор, пока аккумулятор не зарядится до требуемого напряжения. Следовательно, процесс контроля степени зарядки осуществляется в короткие промежутки времени и при отключенном от сети аккумуляторе, что значительно повышает точность и помехозащищенность устройства.

Когда же напряжение аккумулятора достигнет требуемого значения (9... ...9,2 В), в очередной цикл измерения компаратор сработает, на его выходе появится напряжение низкого уровня, на выходе элемента DD2.1 — высокого и RS-триггер перейдет в другое устойчивое состояние с напряжением высокого уровня на выходе DD2.3. В этом случае генератор перестанет работать, транзистор VT1 закрывается и светодиод гаснет — процесс зарядки завершен.

Монтажную плату (рис. 103) зарядного устройства размещают в корпусе из изоляционного материала. Конденсаторы С1, С2 должны быть выбраны на рабочее напряжение не менее 150 В. Взамен их можно использовать один, емкостью 0,5 мкФ на напряжение не менее 300 В. Емкость конденсатора С3 не является критичной, его емкость может лежать в пределах 10 ... 100 мкФ, главное, чтобы он был неполярным с малым током утечки.

Налаживание устройства сводится к установке требуемого порога срабатывания компаратора подстроечным резистором R2. Сделать это лучше всего следующим образом. Свежезаряженный аккумулятор с напряжением 9,45 В

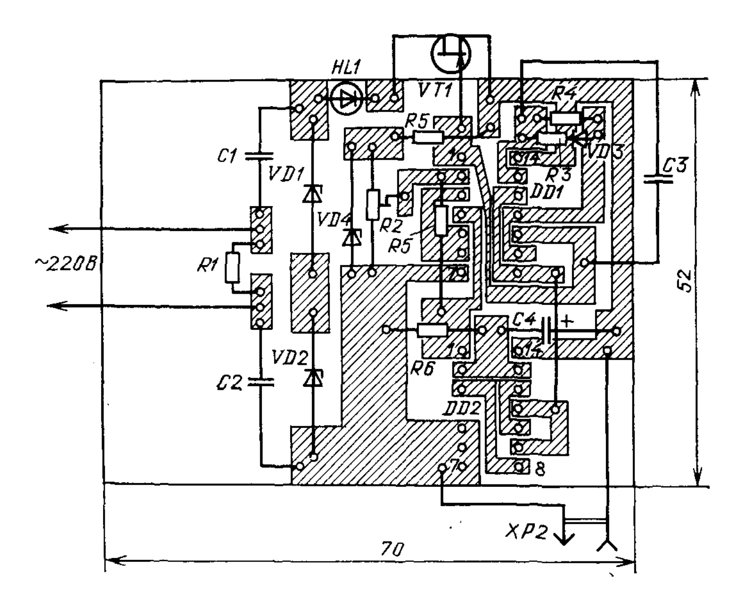


Рис. 103. Монтажная плата автоматического зарядного устройства

подключают к устройству и, перемещая движок резистора R2 сверху вниз по схеме, добиваются срабатывания компаратора. Для повышения точности такую регулировку следует тщательно проверить и при необходимости повторить.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАДИОСПОРТА

Звуковые генераторы для изучения телеграфной азбуки

На логических элементах цифровых микросхем можно строить разные по сложности звуковые генераторы для изучения телеграфной азбуки. Схемы наиболее простых из них, в которых работают элементы ТТЛ, приведены на рис. 104. Самый простой генератор (рис. 104,*а*) образован двумя элементами, звуковым излучателем (телефон ТОН-2) и одним конденсатором С1. Здесь телефон включен в цепь ООС по постоянному току, что выводит элемент DD1.1 на линейный участок передаточной характеристики, а конденсатор С1 задает требуемую частоту генерации. В этом генераторе можно использовать телефон любой конструкции с сопротивлением катушки в пределах 75 ... 500 Ом. Для получения максимальной громкости необходимо, чтобы частота генерации совпадала с резонансной частотой самого телефона.

В генераторе по схеме на рис. 104,*б* используется один элемент, для согласования которого с низкоомной динамической головкой служит трансформатор Т1, он же обеспечивает условие самовозбуждения генератора. К среднему выводу первичной обмотки трансформатора подключен конденсатор С1, подбором емкости которого можно изменять частоту. Выходная мощность такого генератора составляет около 15 мВт. В качестве трансформатора Т1 используют выходной трансформатор от транзисторного радиоприемника.

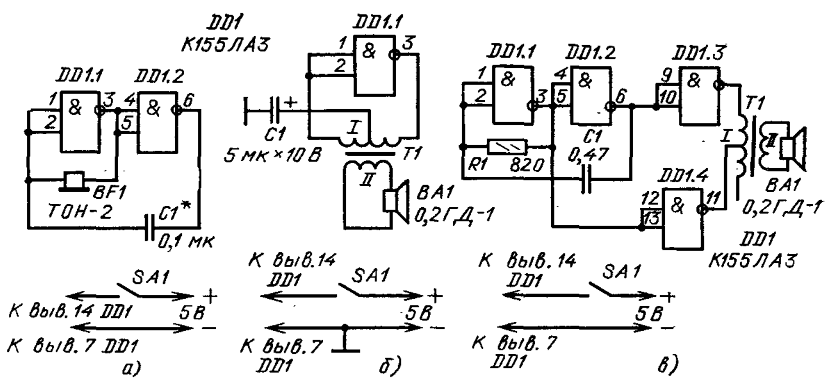


Рис. 104. Схемы звуковых генераторов на логических элементах ТТЛ

Генератор с выходной мощностью до 50 мВт можно собрать по схеме рис. 104,*в*. В нем элементы DD1.1 и DD1.2 образуют генератор звуковой частоты, а элементы DD1.3 и DD1.4 — выходной каскад. Причем они включены так, что их выходные сигналы противофазны и подаются на различные выводы первичной обмотки согласующего трансформатора T1. Это и позволяет получить достаточную громкость звучания динамической головки. Здесь применен также выходной трансформатор от транзисторного радиоприемника.

Телеграфный ключ SA1 включают в разрыв цепи питания. Эти генераторы можно использовать и в других целях, например в звонках, игрушках или различных сигнализаторах.

В этих генераторах могут работать практически любые элементы ТТЛ с инверсией входного сигнала, кроме элементов с открытым коллекторным выходом.

Генераторы колебаний звуковой частоты для изучения телеграфной азбуки можно собрать и на элементах структуры КМОП. По схеме рис. 105,*а* на элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор прямоугольных импульсов, а на эле-

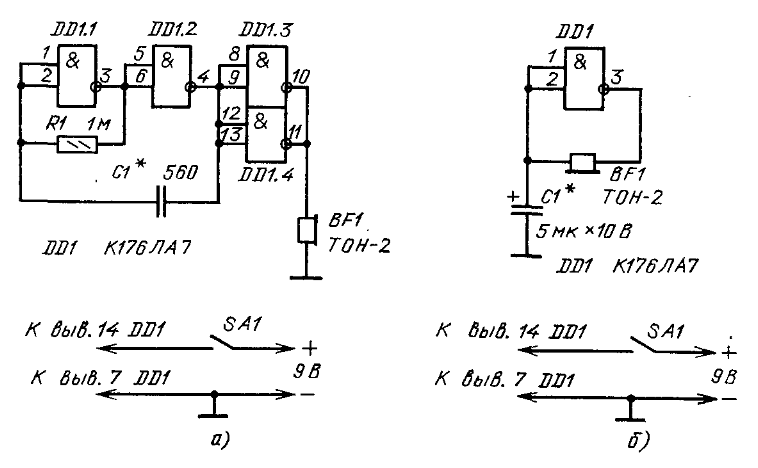


Рис. 105. Схемы звуковых генераторов на логических элементах КМОП

ментах DD1.3 и DD1.4 — буферный каскад. Этот генератор не требует пояснений своей работы, так как с подобными схемами в данной книге читатель сталкивался неоднократно. Тональность можно подобрать конденсатором C1 или резистором R1, телефон должен быть высокоомным.

В генераторе по схеме рис. 105,*б* работает всего один элемент с двумя и более входами. Телефон (обязательно высокоомный) включен в цепь ООС, что обеспечивает вывод элемента на линейный участок передаточной характеристики. Условие генерации обеспечивается: во-первых, индуктивным характером сопротивления и наличия электромеханического резонанса телефона на звуковых частотах, во-вторых, спецификой схемного построения элементов И-НЕ микросхем серий К561, К564. Последнее подтверждается тем, что при использовании элементов И-НЕ с двумя и более входами наблюдалась устойчивая работа генератора, в то же время на элементах ИЛИ-НЕ такие генераторы не работают.

Телеграфные гетеродины

Для приема телеграфных (CW) однополосных (SSB) сигналов радиолюбители обычно используют в радиоприемных устройствах смесители, работающие совместно с генераторами, которые по традиции называют телеграфными. Такие гетеродины, как правило, работают в диапазоне промежуточных частот и должны быть достаточно простыми.

Схема телеграфного гетеродина с использованием в нем LC-контура приведена на рис. 106,*а*. Собственно генератор собран на элементе DD1.1, а на DD1.2 — буферный каскад. Частота генерации определяется контуром C1C2L1C3, и ее можно плавно изменять подстроечным сердечником катушки. Для работы

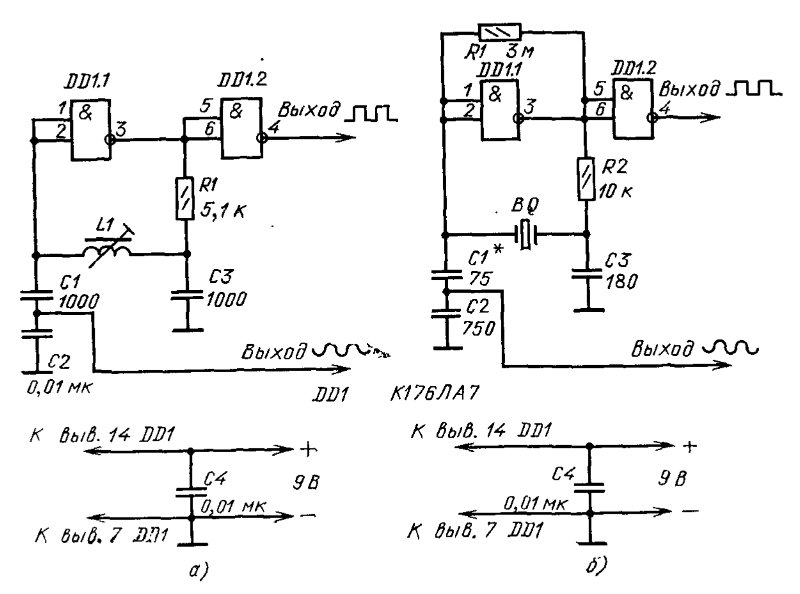


Рис. 106. Схемы телеграфных гетеродинов на LC-контуре и кварцевом резонаторе

такого гетеродина совместно с ключевым смесителем используют выход прямоугольных импульсов (выход элемента DD1.2), а для работы с традиционным смесителем на диодах или транзисторе — удобно использовать синусоидальный сигнал, снимаемый с конденсатора С2. Уровень выходного сигнала составляет 0,2 ... 0,5 В.

В таком гетеродине можно использовать практически любые элементы КМОП с инверсией. Конденсаторы следует подобрать с минимальным ТКЕ — это повысит стабильность частоты, катушка L1 — катушка контура ПЧ транзисторного радиоприемника «Кварц». «Сокол». Частота гетеродина в этом случае может быть в пределах 450 ... 550 кГц.

Значительное повышение температурной и временнóй стабильности возможно при замене катушки кварцевым резонатором. Схема такого гетеродина приведена на рис. 106,*б*. По своему построению эта схема аналогична предыдущей и имеет также два выхода синусоидального и импульсного сигналов. Номиналы конденсаторов, приведенные на схеме, рассчитаны на совместную работу с кварцевыми или пьезокерамическими резонаторами на частоты 400 ... ... 600 кГц. Вообще этот гетеродин может работать с резонаторами на частоты от 30 до 1000 кГц. Но в этом случае понадобится подобрать емкости конденсаторов, чем ниже частота резонатора, тем больше емкости. Подбор конденсаторов может понадобиться и тогда, когда резонатор имеет низкую активность.

Но радиолюбителю не всегда удается приобрести резонатор на требуемую частоту. Хороших результатов с точки зрения стабильности и чистоты спектра генерируемого сигнала можно добиться, используя в качестве частотозадающего элемента пьезокерамические или электромеханические фильтры.

Схема телеграфного гетеродина с применением в нем пьезокерамического фильтра ПЧ приведена на рис. 107,*а* [44]. В связи с тем, что вносимое затухание большинства пьезокерамических фильтров составляет 8 ... 10 дБ, в таком гетеродине должен быть использован не один, а два или три элемента КМОП. В этой схеме в генераторе используются три элемента DD1.1—DD1.3. Через резистор R1 осуществляется ООС по постоянному току, выводящая эти элементы на линейный участок передаточной характеристики. Благодаря большим фазовым сдвигам в фильтре, на одной из частот полосы пропускания, обычно

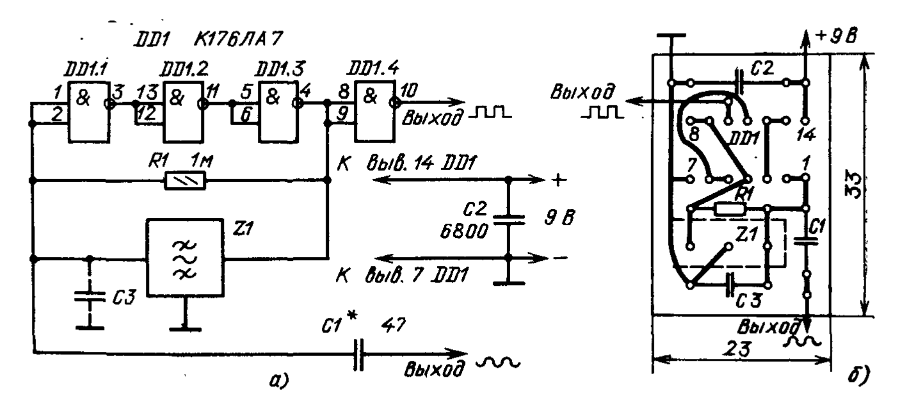


Рис. 107. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) телеграфного гетеродина на пьезокерамическом фильтре

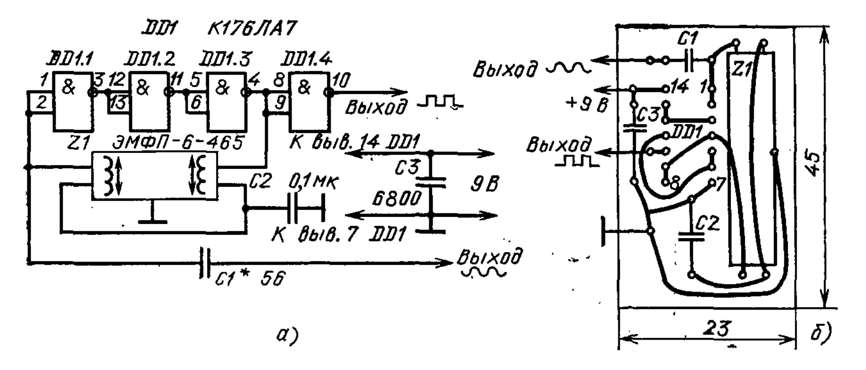


Рис. 108. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) телеграфного гетеродина на электромеханическом фильтре

на краю полосы пропускания, возникает генерация. Частоту генерации можно изменить, включив на одном из входов фильтра конденсатор С3. При этом изменяется фазовый сдвиг в фильтре, а значит, изменится и частота генерации.

На входе фильтра (вывод 4 элемента DD1.3) и на выходе DD1.4 формируются прямоугольные колебания, а на выходе фильтра синусоидальные, которые через конденсатор С1 подают на смеситель. Подбором этого конденсатора устанавливают необходимый уровень выходного синусоидального сигнала. Выходное сопротивление определяется выходным сопротивлением фильтра.

В гетеродине можно использовать пьезокерамические фильтры — ПФ1П, ФП1П-011—ФП1П-027 и др. К выходу элемента DD1.3 подключают тот вход или выход фильтра, который имеет большее сопротивление.

Схема телеграфного гетеродина, в котором использован электромеханический фильтр, приведена на рис. 108. Здесь фильтр включен таким образом, что через его обмотки, соединенные последовательно, осуществляется ООС по постоянному току. Конденсатор устраняет ООС по переменному току и обеспечивает возникновение генерации на одной из частот в полосе пропускания фильтра. Необходимости установки на входе и выходе фильтра конденсаторов, как это обычно делается, нет, так как они в первую очередь влияют на коэффициент передачи фильтра и на его АЧХ, но не на полосу пропускания. К выходу элемента DD1.3 следует подключать ту обмотку фильтра, которая имеет бóльшую индуктивность (к которой по паспорту подключается конденсатор меньшей емкости).

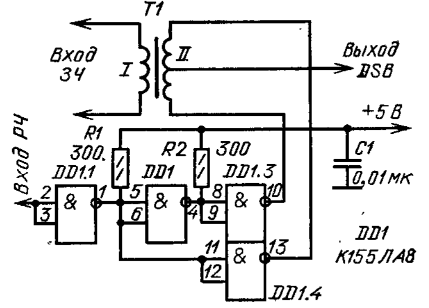
В таком гетеродине могут работать электромеханические фильтры ЭМФП-6-465, ЭМФДП-500-3,3, ЭМФ-9Д-500-3В и аналогичные, причем чем меньше полоса пропускания фильтра, тем выше будет качество сигнала.

Описанные здесь гетеродины практически никакого налаживания не требуют, надо только выставить требуемую частоту генерации.

Модулятор

В балансном модуляторе [30], схема которого приведена на рис. 109, работают элементы ТТЛ с открытым коллекторным выходом. Сигнал звуковой частоты с выхода микрофонного усилителя напряжением не более 0,5 В пода-

Рис. 109. Принципиальная схема модулятора



ют на первичную обмотку трансформатора T1. Работает модулятор следующим образом. Крайние выводы вторичной обмотки трансформатора элементами DD1.3 и DD1.4 поочередно соединяются с общим проводом. При этом на среднем выводе вторичной обмотки формируется DSB сигнал (двухполосный АМ сигнал с сильно подавленной несущей), у которого подавление несущей частоты достигает 40 дБ и более. Для большего подавления несущей необходимо тщательное симметрирование вторичной обмотки. На вход РЧ подают сигнал прямоугольной формы со скважностью 2. Трансформатор T1 — согласующий трансформатор усилителя ЗЧ малогабаритного транзисторного радиоприемника. На вход РЧ следует подавать сигналы стандартного уровня для ТТЛ микросхем. Какого-либо налаживания не требуется.

AM, CW, SSB детектор

Наряду с телеграфом и однополосной модуляцией все еще остается достаточно популярной амплитудная, особенно у начинающих радиоспортсменов, осваивающих диапазон 160 м. Поэтому создание комбинированного детектора, способного детектировать эти сигналы, является актуальной задачей.

Схема достаточно простого AM, CW, SSB детектора, собранного всего на двух элементах приведена на рис. 110. На элементе DD1.1 собран линейный управляемый (стробируемый) усилитель сигнала ПЧ. За счет цепи ООС через резистор R2 элемент выводится на линейный участок передаточной характеристики. В режиме «AM» один из входов этого элемента соединяется с общим проводом, а параллельно резистору R2 подключается диод VD1. Поэтому ООС оказывается нелинейной и AM сигналы начинают детектироваться при уровне

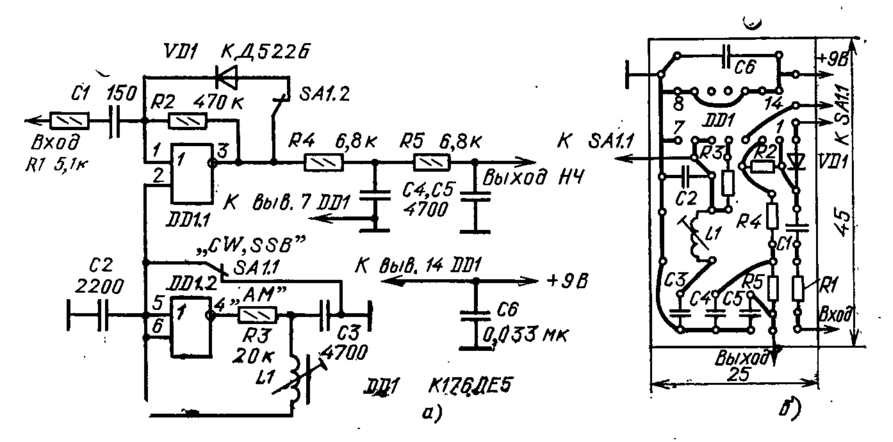


Рис. 110. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*), AM, CW, SSB детектора

входного сигнала около 10...15 мВ. Коэффициент передачи детектора в этом режиме составляет 0,5...1. Для подавления сигнала с частотой ПЧ служит фильтр R4C4R5C5. На элементе DD1.2 собран телеграфный гетеродин, но в этом режиме он не работает, так как на его вход подается напряжение низкого уровня.

В режиме «CW, SSB» диод VD1 исключается из цепи ООС элемента DD1.1 и одновременно со входа элемента DD1.2 снимается напряжение низкого уровня. В этом режиме гетеродин работает на частоте ПЧ, выходной сигнал которого поступает на один из входов элемента DD1.1, последний в этом случае работает как смеситель сигналов. Когда на выходе телеграфного гетеродина появляется напряжение высокого уровня, на выходе элемента DD1.1 будет напряжение низкого уровня и он не будет работать как усилитель сигнала. Когда же на выходе гетеродина будет напряжение низкого уровня, элемент DD1.1 перейдет на линейный участок передаточной характеристики и будет работать как усилитель ПЧ с коэффициентом передачи К. Следовательно, элемент DD1.1 работает как ключевой смеситель, коэффициент передачи которого изменяется в такт с сигналом гетеродина от нуля до К.

Вид детектируемого SSB с верхней или нижней боковой полосой или тональность телеграфного сигнала устанавливают подстройкой частоты гетеродина сердечником катушки L1. В гетеродине можно использовать и резонаторы, описания таких гетеродинов было приведено выше.

Какого-либо налаживания детектор не требует, надо лишь установить требуемую частоту телеграфного гетеродина. Детектор подключают к выходу усилителя ПЧ взамен обычного АМ детектора на диоде. Для снижения нелинейных искажений входное сопротивление последующих каскадов ЗЧ должно быть не менее 10 кОм.

Микрофонный усилитель с VOX

Радиолюбители используют систему голосового управления передатчиком (VOX) для повышения удобства работы с радиостанцией. Схема такого устройства, совмещенного с микрофонным усилителем, приведена на рис 111. Элементы DD1.1 и DD1.2 работают в микрофонном усилителе, конденсатор C1 защищает его вход от сигнала передатчика. Частотная характеристика усилителя формируется конденсаторами C2, C4—C6. Эмиттерный повторитель на транзисторе VT1 служит для согласования усилителя с последующими низкоомными цепями. Коэффициент усиления составляет около 40 дБ и при работе от микрофона МД-47 выходное напряжение усилителя составляет примерно 0,5 В. Максимальное неискаженное напряжение может быть до 2 В.

На элементах DD2.1 и DD2.2 собран компаратор с «памятью», на DD2.3, DD2.4 — компаратор, а на транзисторе VT2 — электронный ключ. Эта часть устройства работает следующим образом. В исходном состоянии на входах элемента DD2.1 действует напряжение низкого уровня, на выходе DD2.2 также напряжение низкого уровня, конденсатор C8 разряжен, транзистор VT2 закрыт.

При разговоре перед микрофоном на выходе DD1.2 появляется переменное напряжение звуковой частоты, которое через конденсатор C7 поступает на вывод 1 элемента DD2.1. Если это напряжение в совокупности с постоянным напряжением, поступающим с резистора R7, превышает на какое-то мгновение высокий логический уровень, то на выходе DD2.2 появляется также напря-

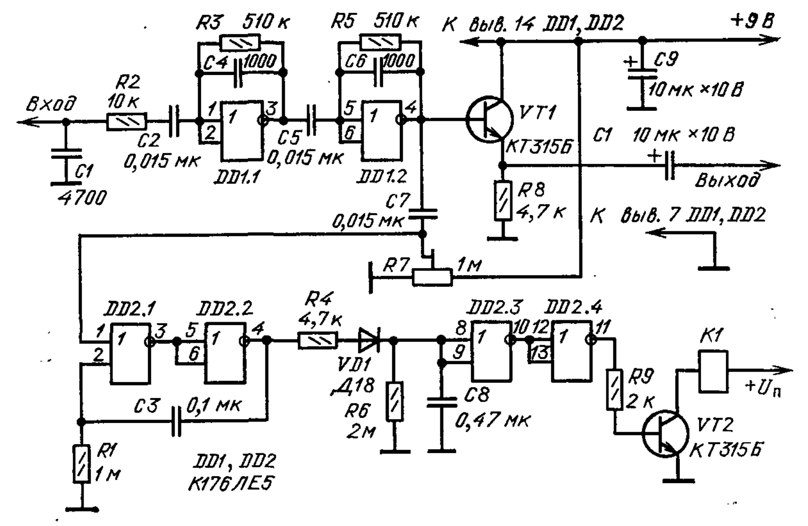


Рис. 111. Схема микрофонного усилителя с VOX

жение высокого уровня, которое через конденсатор C3 поступает на другой вход элемента DD2.1 и в таком состоянии элементы находятся до тех пор, пока не зарядится конденсатор C3, независимо от уровня сигнала на выходе элемента DD1.2. Этого времени оказывается достаточно, чтобы зарядился конденсатор C8, сработал компаратор на элементах DD2.3 и DD2.4, открылся транзистор и сработало реле K1, которое своими контактами включает питание или другие цепи передатчика, т. е. радиостанция переходит в режим передачи.

Таким образом, после первого же звука, произнесенного перед микрофоном реле включает передатчик, при паузах между словами конденсатор C8 не успевает разрядиться, поэтому устройство остается в прежнем состоянии. Во время разговора конденсатор C8 постоянно подзаряжается импульсами напряжения, появляющимися на выходе DD2.2.

По окончании звукового сообщения, примерно через 1 ... 1,5 с, конденсатор C8 разряжается, на выходе элемента DD2.4 появляется напряжение низ-

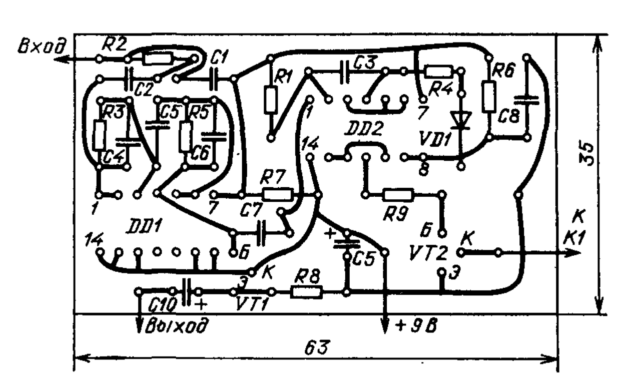


Рис. 112. Монтажная плата микрофонного усилителя с VOX

кого уровня, транзистор VT2 закрывается, реле обесточивается и переводит радиостанцию в режим приема.

Монтажная плата устройства показана на рис 112. Налаживание устройства сводится к установке порога срабатывания системы VOX подбором резистора R7. Для питания микросхем надо использовать стабильное напряжение.

Двухтональный генератор

В соответствии с требованиями Государственной Инспекции электросвязи СССР каждая любительская приемопередающая радиостанция обязательно должна быть укомплектована двухтональным генератором сигнала НЧ для контроля качества сигнала передатчика.

Такой генератор можно выполнить по схеме, приведенной на рис. 113.

Он состоит из двух идентичных генераторов на элементах НЕ. Первый из них собран на элементах DD1.1, DD1.3 и DD1.5 и представляет собой замкнутую релаксационную схему из трех последовательно включенных интеграторов. Если параметры интеграторов одинаковы, то генератор вырабатывает колебания, близкие к трапецеидальным. Но если параметры одного из них отличаются от других, то появляется возможность получения синусоидальных колебаний. Именно так и сделано в этом генераторе — на выходе инвертора DD1.5 формируются колебания, близкие к синусоидальным с частотой около 1,8 кГц.

Второй генератор, собранный на оставшихся элементах, работает аналогично первому и частота колебаний составляет около 1 кГц. Сигналы с выходов обоих генераторов поступают на балансирующий резистор R6, где и суммируются. Амплитуду выходного сигнала от 0 до 0,1 В можно плавно регулировать резистором R8.

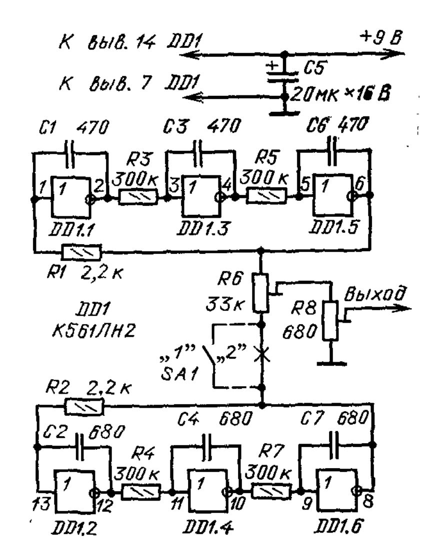


Рис. 113. Схема двухтонального генератора

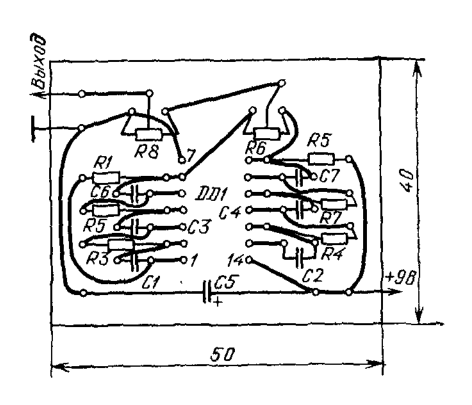


Рис. 114. Монтажная плата двухтонального генератора

Монтажная плата двухтонального генератора показана на рис. 114. Налаживания больше не требуется, но при необходимости частоты обоих генераторов можно изменить, для этого надо установить конденсаторы другой емкости, но при условии, что в каждом генераторе они должны быть одинаковыми.

Для реализации однотонального режима, который также может понадобиться в процессе регулировки аппаратуры, устройство дополняют выключателем SA1. Место его включения показано на схеме штриховыми линиями, тогда при разомкнутых контактах этого выключателя на выходе устройства будет присутствовать синусоидальный сигнал только первого генератора.

Соотношение уровней сигналов генераторов устанавливают резистором R6. Ток, потребляемый двухтональным генератором от источника питания напряжением 9 В, составляет 20 ... 25 мА. Если использовать микросхемы серий К561, К564, то генератор будет устойчиво работать при напряжении питания от 7 до 15 В и не нуждается в дополнительной регулировке, хотя частота вырабатываемых сигналов может немного измениться, но, как правило, это не имеет существенного значения. Взамен элементов НЕ можно использовать также и двухвходовые элементы И-НЕ или ИЛИ-НЕ, хотя при этом может и ухудшиться качество сигнала.

ЭЛЕКТРОННОЕ ОСНАЩЕНИЕ АВТОМОБИЛЯ

Указатель поворотов

Он выгодно отличается от многих выпускаемых промышленностью экономичностью, возможностью контроля исправности сигнальных ламп, а также тем, что его рабочий цикл начинается с горения сигнальных ламп, а не с паузы, что особенно важно в сложной дорожной обстановке.

Его схема приведена на рис. 115, и работает он следующим образом. В дежурном режиме, когда подвижный контакт находится в нейтральном положении, конденсатор C1 заряжен до напряжения источника питания, и по-

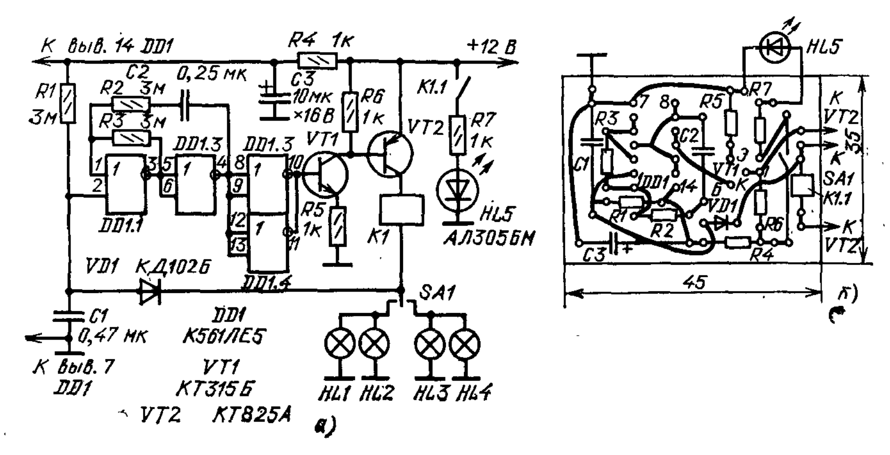


Рис. 115. Схема (а) и монтажная плата (б) указателя поворотов

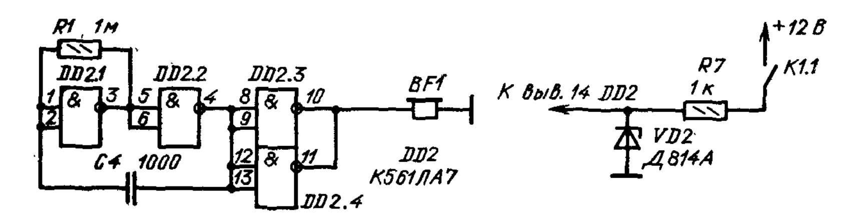


Рис. 116. Схема включения звукового сигнализатора в указатель поворотов

этому генератор, собранный на элементах DD1.1 и DD1.2, не работает. В это время на выходах элементов DD1.3 и DD1.4 будет напряжение низкого уровня, поэтому транзисторы закрыты и указатель практически не потребляет энергии от источника питания.

При переводе контакта переключателя в одно из крайних положений конденсатор C1 быстро разряжается через диод VD1 и генератор начинает работать. Транзисторы открываются, сигнальные лампы вспыхивают с частотой следования импульсов генератора, которую можно установить резистором R3 или конденсатором C2.

Для контроля исправности сигнальных ламп накаливания служит реле K1. Если ток, потребляемый лампами, нормальный, то в такт со световыми сигналами срабатывает реле и своими контактами включает светодиод HL5 на приборном щитке. Если одна из ламп выйдет из строя, то ток, протекающий через обмотку, окажется недостаточным для его срабатывания, светодиод вспыхивать не будет, что указывает на наличие неисправности.

Все детали указателя, кроме переключателя и транзистора VT2, размещают и монтируют на печатной плате, выполненной из фольгированного текстолита (рис. 115,*б*).

Реле K1 — это геркон КЭМ-2, на котором намотана обмотка, содержащая 15 ... 20 витков изолированного провода диаметром не менее 0,7. Число витков следует подбирать экспериментально, таким образом, чтобы при исправных сигнальных лампах реле срабатывало, а в случае выхода из строя одной из ламп оно не работало.

Сигнализация об неисправности ламп может быть и звуковой, для этого надо собрать звуковой генератор и подключить его к указателю по схеме рис. 116.

Регулятор яркости фар

Его принципиальная схема приведена на рис. 117, монтажная схема — на рис. 118. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор с регулируемой скважностью импульсов, которую можно изменять резистором R1 в пределах от 1 до 50. Эти импульсы поступают в итоге на транзисторы, а с них — на лампы накаливания. Изменяя скважность импульсов, можно изменять время включения транзистора VT3, т. е. изменять яркость свечения ламп EL1, EL2. Транзистор VT3 работает в ключевом режиме, поэтому потери энергии на нем невелики. Конденсатор C3 уменьшает помехи, создаваемые регулятором, выключатель питания SA1, совмещенный с резистором R1, служит для включения

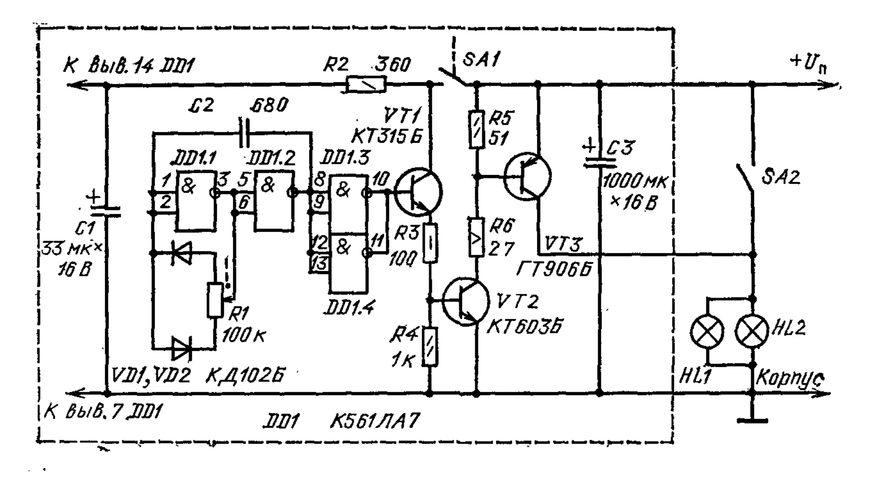


Рис. 117. Схема регулятора яркости фар

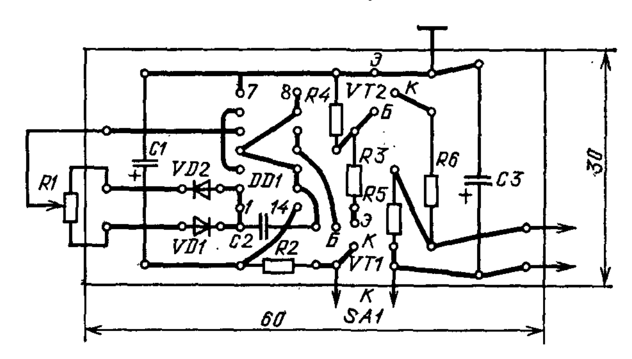


Рис. 118. Монтажная плата регулятора яркости фар

регулятора. Для включения фар на полную мощность, без регулятора, используют штатный выключатель автомобиля SA2.

Этот регулятор можно использовать для регулирования яркости переносной низковольтной лампы, или мощности паяльника.

Индикатор напряжения бортовой сети автомобиля

Это устройство (рис. 119), размещаемое на приборном щитке, позволяет с достаточно высокой точностью определять напряжение в бортовой сети автомобиля. Световым индикатором служит двухцветный светодиод HL1. При напряжении 12 ... 13 В постоянно светится красный, а при 13 ... 14 зеленый светодиод. Если же напряжение отличается от номинального, то светодиод начинает мигать с частотой 1 ... 3 Гц, при напряжении меньше 12 В — красные вспышки, при напряжении более 14 В — зеленые. Индикатор сохраняет работоспособность при напряжении питания в пределах 6 ... 20 В, потребляемый ток — не более 15 ... 20 мА. Четырех градаций измерения вполне достаточно для уверенного контроля за напряжением бортовой сети автомобиля. По желанию авто-

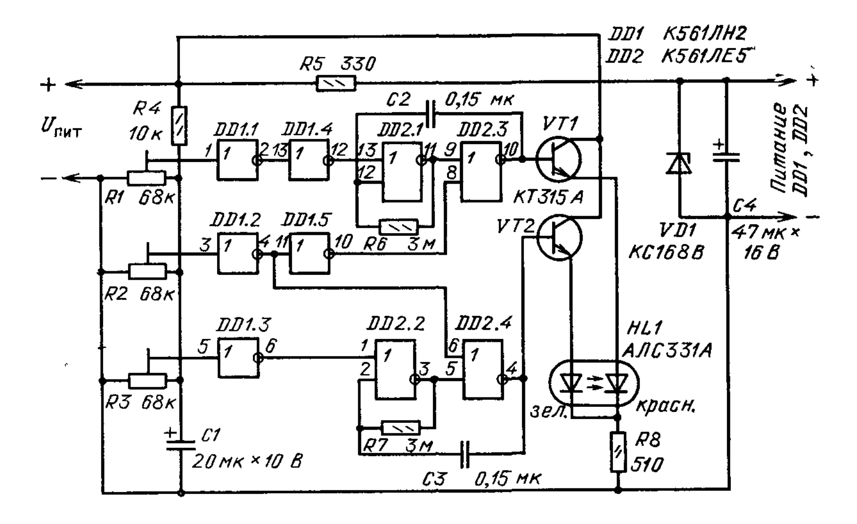


Рис. 119. Схема индикатора напряжения бортовой сети автомобиля

любителя эти градации можно установить произвольно, в зависимости от конкретной ситуации.

Индикатор состоит из трех компараторов напряжения на элементах микросхемы DD1: первый — на DD1.1 и DD1.4, второй — на DD1.2 и DD1.5, третий — на DD1.3. На элементах микросхемы DD2 собраны два идентичных генератора импульсов.

При подаче на устройство питающего напряжения менее 12 В на выходах элементов DD1.4 и DD1.5 появляется напряжение низкого уровня, поэтому генератор на элементах DD2.1 и DD2.3 работает, транзистор VT1 открывается в такт с выходным напряжением генератора и светодиод красного свечения вспыхивает. Второй генератор при этом не работает, и светодиод зеленого свечения не горит.

Если напряжение достигает 12 В, то срабатывает первый компаратор, на его выходе появляется напряжение высокого уровня и первый генератор пере-

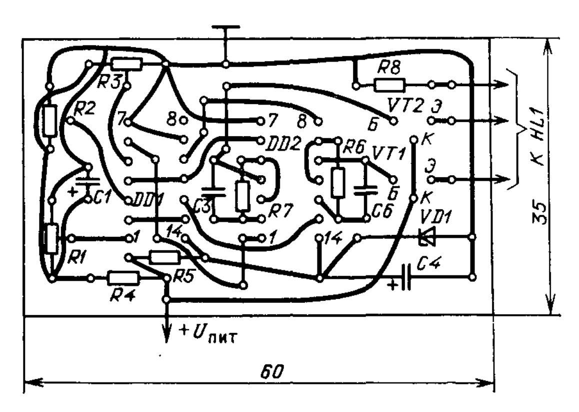


Рис. 120. Монтажная плата индикатора напряжения бортовой сети автомобиля

стает работать, но на выходе элемента DD2.3 появляется напряжение высокого уровня, поэтому транзистор VT1 открыт и светодиод красного свечения горит постоянно.

При достижении питающим напряжением значения 13 В срабатывает второй компаратор, при этом транзистор VT1 закрывается и светодиод красного свечения гаснет, но открывается транзистор VT2 и загорается светодиод зеленого свечения. Второй генератор при этом не работает, так как третий компаратор еще не сработал и на его выходе напряжение высокого уровня.

Но когда питающее напряжение достигает 14 В, настает черед третьего компаратора, начинает работать второй генератор и светодиод зеленого свечения начинает вспыхивать.

При уменьшении напряжения питания эти процессы повторяются, но в обратном порядке.

Монтажная плата индикатора показана на рис. 120. Налаживание сводится к установке требуемых порогов срабатывания компараторов подстроечными резисторами R1—R3.

Тахометр

Схема и монтажная плата тахометра приведена на рис. 121 [31]. Он предназначен для контроля частоты вращения коленчатого вала двигателя, его вход подключают к датчику, представляющему собой 10 витков провода диаметром 0,5 мм в изоляции толщиной 1 ... 1,5 мм, намотанных на высоковольтный провод, соединяющий катушку зажигания с распределителем.

Импульсы датчика поступают на вход ждущего мультивибратора, собранного на элементах DD1.1, DD1.2, и запускают его. Элемент DD1.3 используется в качестве буферного каскада.

Амплитуда и длительность импульсов на выходе элемента DD1.3 постоянны, поэтому ток, протекающий через измерительный прибор, пропорционален частоте запускающих импульсов, т. е. частоте вращения коленчатого вала двигателя. Питается тахометр от параметрического стабилизатора напряжения R6 VD3. Диоды VD1, VD2 и резистор R1 защищают элемент DD1.1 от перегрузки по входу. Конденсаторы C2, C3 надо выбрать с возможно меньшим ТКЕ. Миллиамперметр PA1, рассчитанный на ток полного отклонения стрелки 1 мА, следует выбрать из группы приборов, устойчивых к вибрации.

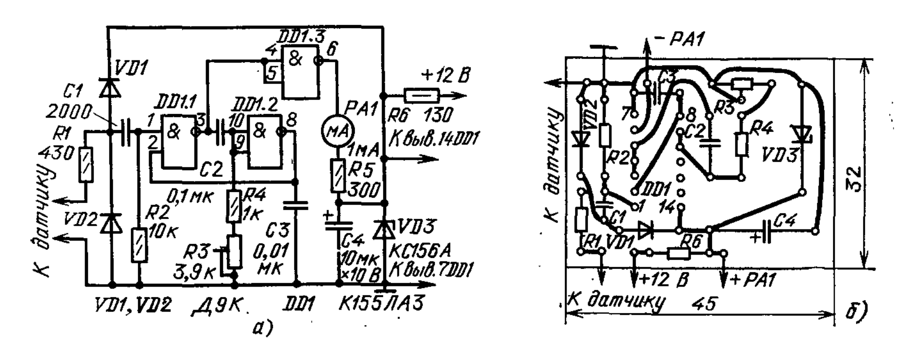


Рис. 121. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) тахометра

Частота следования запускающих импульсов датчика связана с частотой вращения коленчатого вала:

$$F = nZ/30K,$$

где n — частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$: K — тактность; Z — число цилиндров двигателя.

Калибровку тахометра можно проводить по этой формуле на частоте электроосветительной сети. Делают это следующим образом. Полагают F равной 50 Гц, для этой частоты определяют частоту вращения коленчатого вала. Затем на вход тахометра подают переменное напряжение 6...8 В частотой 50 Гц и подстроечным резистором R3 устанавливают стрелку прибора PA1 против деления шкалы, соответствующей найденной по формуле частоте вращения коленчатого вала. Более точно тахометр можно откалибровать с помощью звукового генератора. После подключения датчика тахометр готов к работе.

ЭЛЕКТРО- И СВЕТОМУЗЫКАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, ИГРУШКИ

Светофон

Как известно, сопротивление фоторезистора зависит от освещенности его светочувствительного слоя. Если включить фоторезистор в качестве частотозадающего элемента RC-генератора на логических элементах, то, изменяя освещенность, можно управлять частотой такого генератора. Именно по такому принципу построен простейший электромузыкальный инструмент-игрушка, схема которого приведена на рис. 122 [45].

На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор ЗЧ, частота которого изменяется в зависимости от освещенности фоторезистора R1. На элементе DD1.4 выполнено пороговое устройство, на входе которого установлен сенсорный элемент E1, E2, а на элементе DD1.4 собран ключевой каскад.

Работает электромузыкальный инструмент следующим образом. Импульсы с выхода генератора поступают на один из входов элемента DD1.3. Если не касаться сенсорного элемента, то на входе элемента DD1.4 возникает напряжение высокого уровня, а на его выходе — низкого, поэтому импульсы с

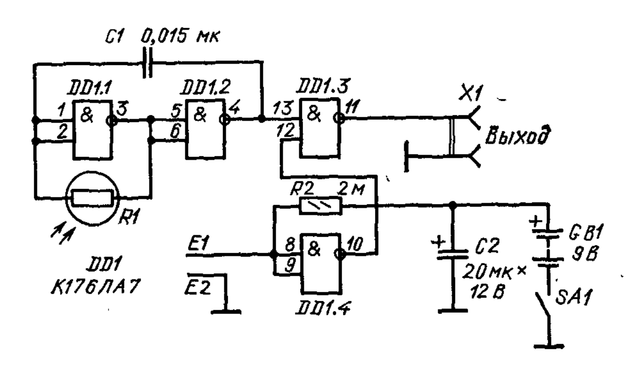


Рис. 122. Схема светофона

выхода генератора не проходят на выход, и в радиотрансляционном громкоговорителе, который к нему подключается, звука нет.

Достаточно коснуться контактов сенсорного элемента, как на входе элемента DD1.4 напряжение уменьшится до уровня логического нуля, на его выходе появится высокий уровень и импульсы с выхода генератора начнут проходить через элемент DD1.3 и в громкоговорителе раздастся звук, тональность которого будет определяться освещенностью фоторезистора в данный момент. Касаясь сенсорного элемента и одновременно изменяя освещенность фоторезистора, подбирают нужную мелодию.

В устройстве можно применить фоторезисторы СФ2-5, СФ2-6, ФС-К1. Источник питания — «Крона», «Корунд» или 7Д-0,115. Потребляемый устройством ток не превышает 8 мА.

Все детали, кроме источника питания, выключателя и розетки, смонтированы на печатной плате (рис. 123,*а*), которая в свою очередь установлена внутри светонепроницаемого корпуса (рис. 123) — его можно изготовить из матового органического стекла и оклеить изнутри черной бумагой. Источник питания фиксируют на дне корпуса скобой из металла или пластмассы, а выключатель установлен на стенке. Через отверстие в боковой стенке выводят двухпроводный шнур и припаивают к его концам розетку X1. В крышке корпуса предусматривают окно размерами примерно 10×35 мм и над ним помещают контакты сенсорного элемента — отрезки медного облуженного провода. Окно должно быть расположено напротив фоторезистора, а он сам должен отстоять от окна на 25 ... 30 мм. Если корпус выполнен из прозрачного материала, то окно получают путем оставления части крышки прозрачной, а все остальное заклеивают светонепроницаемым материалом.

Для удобства контакты сенсорного элемента E2 следует проложить по краю окна, с двух сторон, а контакт E1 — посередине окна. Вставив в розетку XS1 вилку трансляционного громкоговорителя (желательно на напряжение 15 В), включают инструмент и располагают его вблизи окна или настольной лампы. Касаются пальцем сенсорного элемента — в громкоговорителе должен раздаться звук. Если его нет, надо искать ошибку в монтаже или неисправную деталь.

Касаясь сенсорного элемента одним, двумя или тремя пальцами, прикрывают окно и тем самым изменяют освещенность фоторезистора, а от этого,

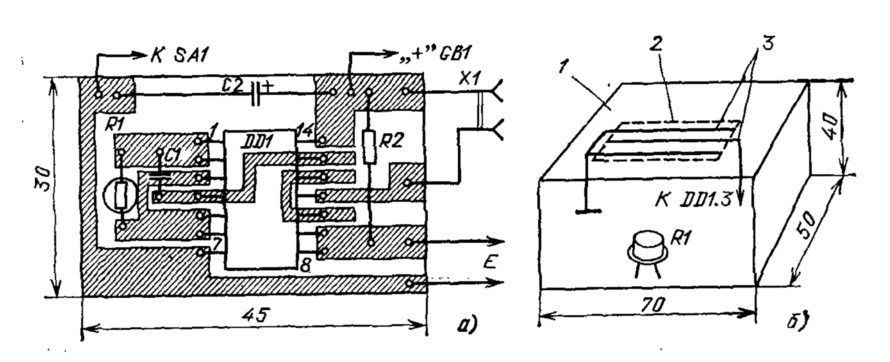


Рис. 123. Монтажная плата (*а*) светофона и вариант его конструкции (*б*)

как вы знаете, зависит тональность звука в громкоговорителе. «Смещать» звуковой диапазон игрушки в ту или иную сторону можно изменением начальной освещенности окна корпуса.

Терменвокс

Так называют бесклавишный и безгрифовый электромузыкальный инструмент, изобретенный в 1921 г. нашим соотечественником Л. С. Терменом.

Схема одного из любительских вариантов подобного инструмента показана на рис. 124. Его основой служат два генератора, один из которых имеет стабильную частоту колебаний, а частота колебаний второго непостоянна и изменяется своеобразным конденсатором переменной емкости, образуемым рукой играющего и металлическим штырем-антенной, соединенным с частотозадающей цепью этого генератора. Приближение или удаление руки относительно штыря приводит к изменению емкости между ними и частоты колебаний второго генератора. Частоты генераторов смешиваются, а сигнал разностной частоты преобразуется динамической головкой в звук.

В предлагаемом варианте терменвокса генератор с изменяемой частотой колебаний собран на элементах DD1.1 и DD1.2. Его исходная частота определяется номиналами элементов C1, R1, C2 и электрической емкостью между штырем WA1 и рукой играющего. Для получения максимальной чувствительности генератора к емкости штырь — рука частота колебаний выбрана сравнительно высокой — сотни килогерц, а емкость C2 сравнительно малой. На элементе DD1.3 собран развязывающий каскад, который ослабляет влияние последующих узлов на работу генератора.

Второй генератор с фиксированной частотой собран на элементах DD2.1 и DD2.2 и подобен первому, с той лишь разницей, что частоту его колебаний

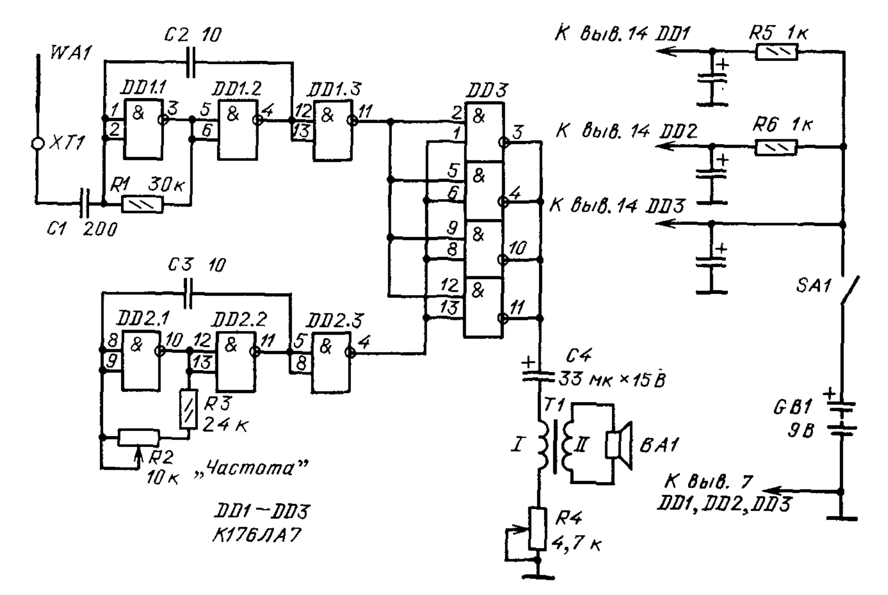


Рис. 124. Схема терменвокса

можно изменять в небольших пределах переменным резистором R2 «Частота».

Выходные сигналы генераторов поступают на входы элементов микросхемы DD3, выполняющей функцию смесителя. Если на одном из его входов будет сигнал с частотой f_1, а на другом — с частотой f_2, то на выходе будут сигналы с частотами f_1, f_2, $f_1 \pm f_2$ и их гармонические составляющие. Колебания с разностной частотой имеют амплитуду несколько вольт, что позволяет обойтись без усилителя ЗЧ, поэтому к выходам этих элементов подключены конденсатор С4, согласующий трансформатор и резистор R4, сигналы подаются на динамическую головку ВА1, где преобразуются в звуковой сигнал. Колебания с суммарной частотой динамической головкой не воспроизводятся. Громкость звука можно плавно изменять переменным резистором R4. Источником питания устройства служит батарея GB1 — «Крона» или «Корунд». Для исключения взаимного влияния генераторов микросхемы питаются через RC-фильтры. Потребляемый ток составляет 7 ... 10 мА.

Монтаж деталей на печатной плате показан на рис. 125. Трансформатор Т1 — выходной трансформатор от транзисторного радиоприемника. Плата одновременно является и передней панелью устройства. Переменный резистор и выключатель устанавливают в отверстия платы. Трансформатор и динамическую головку крепят непосредственно к плате отверстия под диффузором головки, со стороны монтажа закрывают неплотной тканью.

Плату крепят к корпусу из металла четырьмя винтами М3. Контакт ХТ1 представляет собой винт М4, который пропускают через отверстие в плате и закрепляют пайкой. Перед игрой к винту крепят штырь WAX — отрезок металлической трубки или толстой проволоки длиной 30 ... 50 см.

Включив питание, резистором R2 добиваются нулевых биений, когда частоты обоих генераторов будут равны и в динамической головке звука нет. При поднесении руки к штырю звук должен появляться. Резистором R2 устанавливают частоту второго генератора такой, чтобы звук появлялся на возможно большем расстоянии между рукой и штырем. Тональность звука должна возрастать, когда руку приближают к штырю.

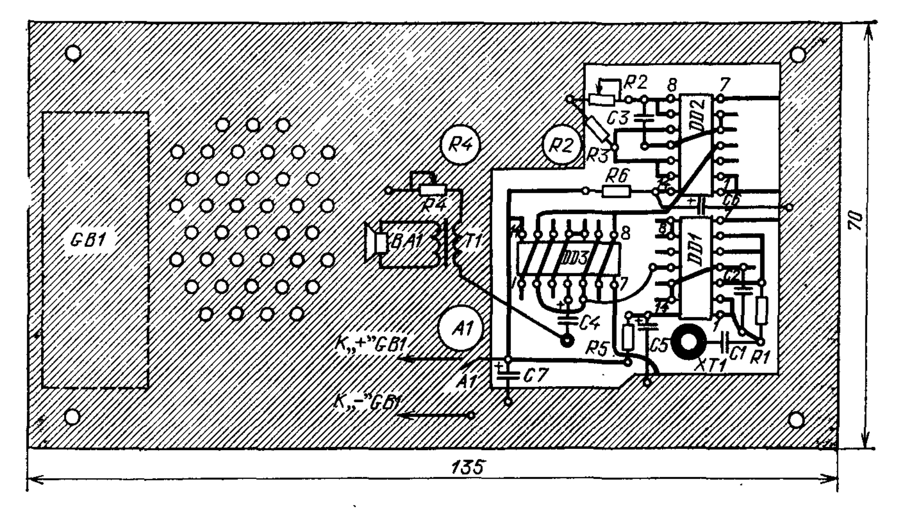


Рис. 125. Печатная плата терменвокса

Для повышения чувствительности во время игры рукой касаются металлического корпуса инструмента или ручки резистора R4, которая должна быть металлической и соединяться с общим проводом схемы.

Игра «Красный или зеленый»

Это устройство (рис. 126), представляющее собой генератор случайных чисел, — игра для двоих. Один из играющих загадывает цвет индикатора, который должен загореться, второй управляет игровым автоматом. Затем они меняются ролями. Заранее нельзя предугадать, какой из индикаторов загорится, так как этот процесс носит случайный характер.

Устройство представляет собой генератор импульсов, работой которого управляют кнопкой SB1, и собранный на элементах DD1.1, DD1.2 и DD1.3 элемент DD1.4 инвертирует сигнал генератора. При отжатой кнопке генератор работает на частоте несколько сот герц. Светодиоды HL1 и HL2 вспыхивают поочередно, но так как частота генератора слишком высокая, чтобы человеческий глаз мог на нее среагировать, что воспринимается как одновременное горение обоих светодиодов.

После нажатия на кнопку SB1 работа генератора прекращается, при этом возникает положительная обратная связь по постоянному току между выходом элемента DD1.2 и входом элемента DD1.1, которая устанавливает их в устойчивое состояние, при котором горит только один светодиод. Предугадать, в каком состоянии окажутся элементы после срыва генерации практически невозможно, поэтому можно лишь предполагать, какой из светодиодов загорится после нажатия на кнопку SB2.

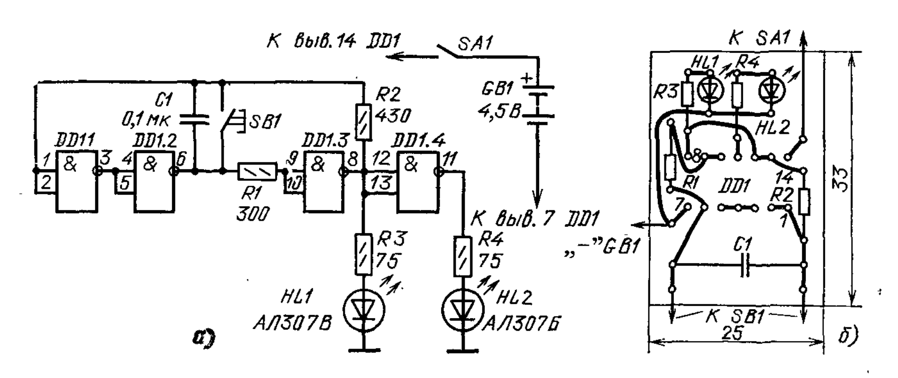


Рис. 126. Схема (*а*) и монтажная (*б*) плата игры «Красный или зеленый»

Монтажная плата устройства показана на рис. 126,*б*. В нем можно применить светодиоды любого типа красного и зеленого свечения, можно и одинакового цвета, но тогда игру следует называть несколько иначе, например «Левый или правый».

Игра «Кто быстрее?»

Игровой автомат, схема и монтажная плата которого показаны на рис. 127, позволяет судить о скорости реакции участников игры [34]. В нем работает одна микросхема, содержащая четыре элемента, три светодиода и

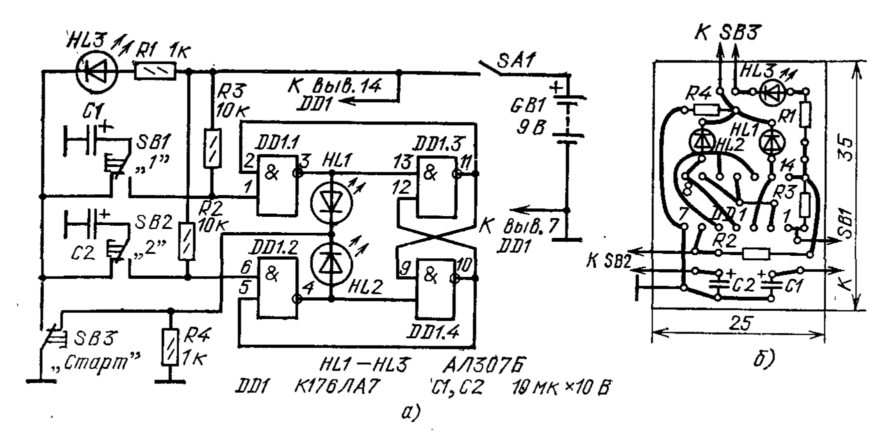


Рис. 127. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) игры «Кто быстрее?»

кнопки SB1—SB3, две из них находятся на пультах играющих, а третья — на пульте стартера.

При нажатии на кнопку SB3 «Старт» загорается светодиод HL3, сигнализирующий о начале игры. С этого момента каждый из играющих старается возможно быстрее нажать свою кнопку. Выигрывает тот, кто быстрее нажимает кнопку, и у кого загорается светодиод.

Обмануть автомат нельзя. Тот из играющих, кто нажнет свою кнопку раньше сигнала «Старт», неизбежно потерпит поражение, т. е. реакция автомата на нажатие кнопок играющими наступает только после нажатия стартовой кнопки SB3.

Как работает автомат? В исходном состоянии, пока кнопка SB3 не нажата, конденсаторы C1 и C2 заряжены через цепь R1HL13 и контакты кнопок SB1, SB2. В таком состоянии на входах элементов DD1.1 и DD1.2 возникает напряжение высокого уровня, а на их выходах — напряжение низкого уровня. Если в это время один из играющих нажмет на свою кнопку, то состояние элементов не изменится.

При нажатии стартовой кнопки SB3 конденсаторы C1 и C2 начинают быстро разряжаться через ее контакты. Если первой будет нажата кнопка SB1, то конденсатор C1 подключится к входу элемента DD1.1, что равнозначно подаче на его вход напряжения низкого уровня. На выходе этого элемента появляется напряжение высокого уровня и срабатывает RS-триггер, собранный на элементах DD1.3 и DD1.4, и загорается светодиод HL1. В этом случае на выходе элемента DD1.3 триггера устанавливается напряжение низкого уровня, и при повторном нажатии на кнопку SB1 состояние элементов не изменяется.

Если теперь нажать кнопку SB2, то на входном выводе 6 элемента DD1.2 появится напряжение низкого уровня и светодиод HL2 вспыхнет на короткое мгновение: как только зарядится конденсатор C2, светодиод HL2 погаснет.

Светодиод HL1 продолжает светиться, сигнализируя о победе первого участника игры. Он погаснет только после того, как будет отпущена кнопка SB3.

Работоспособность игры проверяют согласно логике действия ее элементов. Если одновременно горят светодиоды HL1 и HL2, то это указывает на необходимость увеличения сопротивления резистора R4 до 2 кОм.

Пульты управления электромеханическими игрушками

Игрушки с одним или двумя тяговыми электродвигателями управляются, как правило, с помощью переключателей, размещаемых на самой игрушке или на выносном пульте управления. Если игрушка с двумя ведущими двигателями, например танк или вездеход на гусеничном ходу, то комбинацией их включения осуществляется движение игрушки вперед или назад, повороты вправо и влево. С одним ведущим двигателем игрушки обычно движутся только вперед или назад.

При таком способе управления игрушкой скорость ее движения постоянна и изменяется лишь с истощением источника питания.

Значительно удобнее управлять движениями игрушек, особенно с двумя ведущими электродвигателями, описываемыми здесь пультами дистанционного управления.

В пульте управления, схема которого приведена на рис. 128, для изменения скорости движения игрушки используют сенсорные контакты E1 и E2. Механический же переключатель SB1 используют только для реверсирования электродвигателей игрушки.

Принцип действия такого пульта управления основан на питании электродвигателей M1 и M2 импульсным током. Изменяя скважность импульсов, можно изменять средний ток через электродвигатель, а значит, и частоту вращения оси электродвигателя.

На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор, вырабатывающий импульсы с частотой следования 300 ... 500 Гц и скважностью 1,02 ... 1,03. Чтобы получить такую скважность, цепи зарядки и разрядки конденсатора C1 различны. Элементы DD1.3 и DD1.4 являются формирователями импульсов, на выходе которых установлены мощные электронные ключи на транзисторах.

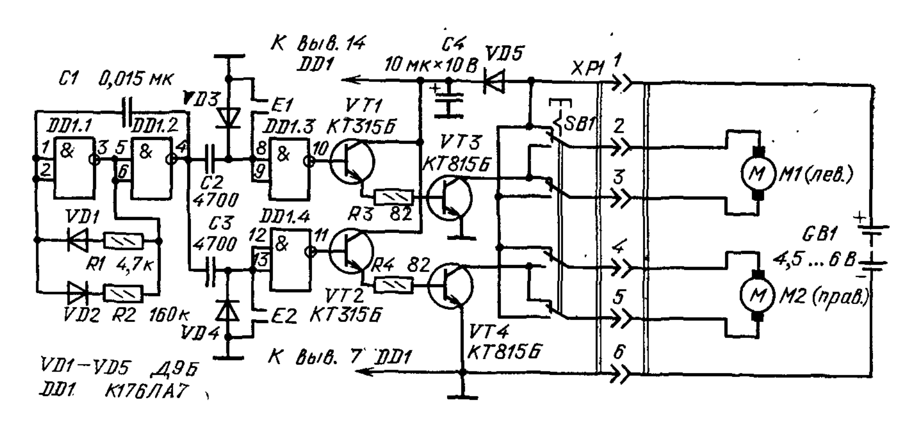


Рис. 128. Схема сенсорного пульта управления электромеханическими игрушками

В каждый из формирователей входит не только сам элемент, но и конденсатор, диод и сенсорный элемент E, касаясь которого осуществляют управление движением игрушки.

Работу пульта рассмотрим на примере одного из каналов, например верхнего по схеме. Когда на выходе генератора появляется напряжение высокого уровня, то начинается зарядка конденсатора C2, скорость этого процесса зависит от сопротивления между сенсорными элементами. Если к сенсорному элементу приложен палец, то сопротивление между его контактами уменьшается и процесс зарядки ускоряется. Когда конденсатор заряжается, на входе элемента DD1.3 присутствует напряжение высокого уровня, на его выходе — низкого, поэтому транзисторы VT1 и VT2 закрыты и двигатель M1 обесточен. После заряда конденсатора C2 напряжение на входе элемента DD1.3 уменьшается и на его выходе появляется напряжение высокого уровня, транзисторы открываются и на двигатель подается напряжение.

Так как заряд конденсатора определяется сопротивлением между контактами сенсорного элемента, то, прижимая палец к нему, можно изменять длительность этого процесса, а значит, и менять частоту вращения оси электродвигателя.

При максимальной продолжительности зарядки конденсатора, когда палец снят с сенсорного элемента, на электродвигатель напряжение практически не подается, при сильном нажатии на сенсорные контакты почти все напряжение источника питания поступает на электродвигатель M1.

Когда на выходе генератора появляется напряжение низкого уровня, конденсатор быстро разряжается через диод VD3 и выход элемента DD1.2.

Второй формирователь импульсов с транзисторным ключом второго канала работает аналогично. Если одновременно касаться обоих пар сенсорных контактов, то в работу включатся оба электродвигателя игрушки. В этом случае изменением площади и силы нажатия пальцев на сенсорные элементы удается регулировать скорость движения игрушки и скорость ее поворота.

Переключателем SB1 изменяют полярность питания электродвигателей, в результате чего игрушка начинает двигаться в обратном направлении.

Возможная конструкция сенсорных контактов показана на рис. 129,*а*. Они выполнены из фольгированного текстолита. Конфигурация сенсорных контактов позволяет управлять игрушкой как одним, так и двумя пальцами.

Монтажную плату (рис. 129,*б*) размещают в пластмассовом корпусе размерами 16×46×80 мм. На одной из его боковых стенок крепят переключатель SB1 (П2К), а через отверстие в торцевой стенке выведен шестипроводный шнур длиной около 2 м с штыревой частью (СШ-5) на конце. Гнездовую часть разъема (СГ-5) устанавливают на корпусе игрушки. В качестве шестого контакта разъемов используют их корпуса. Сенсорные контакты крепят к лицевой стенке корпуса.

При исправных деталях и безошибочном монтаже пульта налаживания не требуется. Если сенсорные контакты будут иметь другую конфигурацию, то, возможно, придется подбирать конденсаторы C2 и C3.

Схема другого варианта пульта управления электромеханическими игрушками показана на рис. 130, его монтажная схема на рис. 131. Это устройство, как и предыдущее представляет собой регулятор частоты вращения электродвигателей, но управление им осуществляется переменными резисторами. Этот вариант также состоит из двух идентичных каналов. В верхнем по схеме ка-

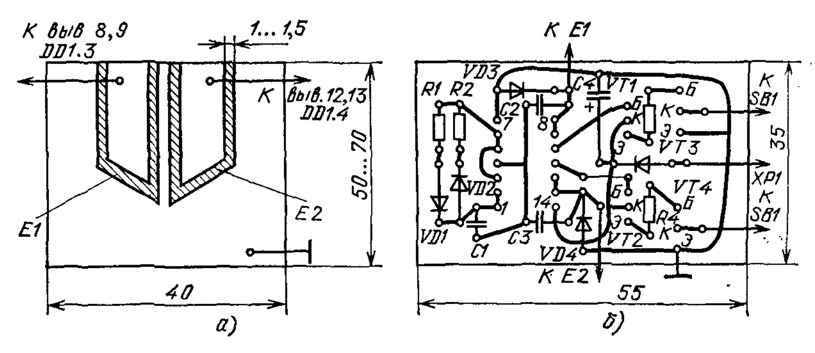


Рис. 129. Конструкция сенсорных контактов (*а*) и монтажная плата (*б*) пульта управления

нале микросхема DD1. На элементах DD1.1 — DD1.3 собран генератор импульсов с регулируемой скважностью, а на элементе DD1.4 — буферный каскад, к выходу которого подключен мощный выходной каскад на транзисторах VT1 и VT2. Нагрузкой этого канала пульта управления является электродвигатель M1 игрушки. Регулировка скважности генерируемых импульсов, т. е. частоты вращения электродвигателя осуществляется переменными резисторами R1 и R2. Эти резисторы включены таким образом, что первым из них можно регули-

Рис. 130. Принципиальная схема пульта управления электрифицированными игрушками

Рис. 131. Монтажная плата пульта управления

ровать разность скоростей вращения, а вторым — общую частоту вращения электродвигателей. Аналогично работает и второй канал пульта.

Конструктивное решение пульта зависит от имеющихся деталей и конкретной игрушки или модели, оснащенной тяговыми электродвигателями.

«Мигающие глаза»

Это устройство (рис. 132) представляет собой электронный автомат переключения ламп накаливания, имитирующих глаза. Будучи встроенными в какую-либо игрушку, например в голову забавного зверька, они оживят ее,

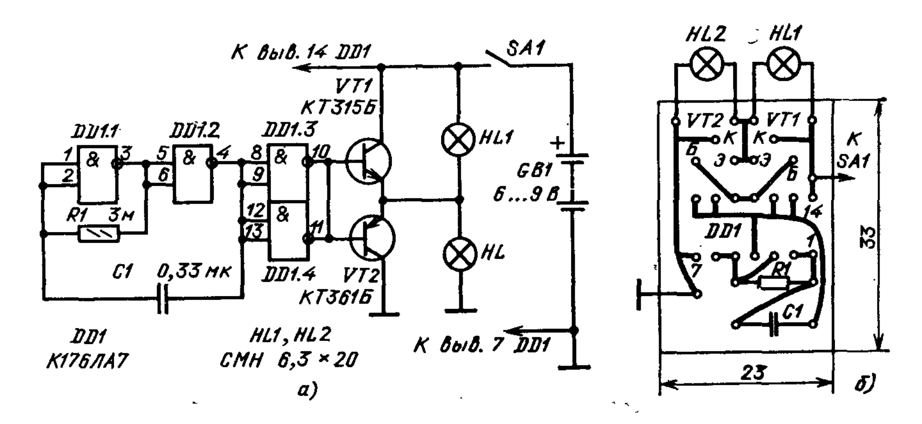


Рис. 132. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) игрушки «Мигающие глаза»

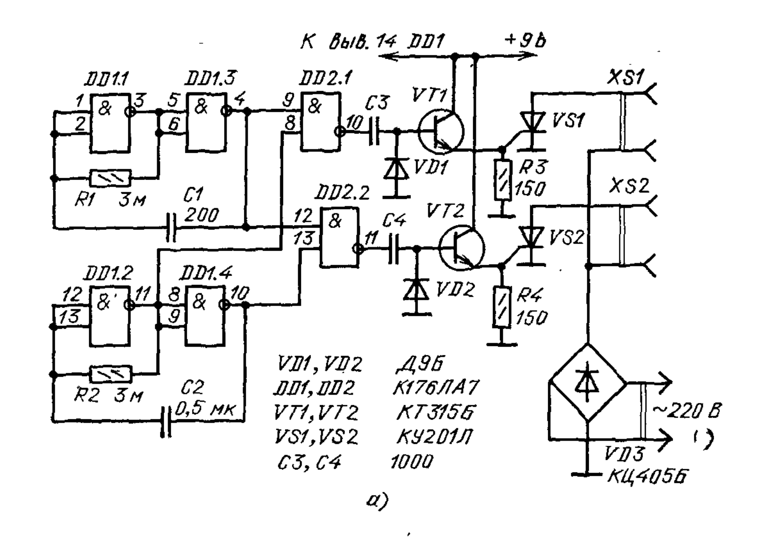
На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор импульсов с частотой следования примерно 1 Гц и скважностью 2. Элементы DD1.3 и DD1.4 используются как буферные каскады, к выходу которых подключены транзисторы VT1 и VT2.

Работает устройство следующим образом. Когда на выходах элементов DD1.3 и DD1.4 появляется напряжение низкого уровня, транзистор VT1 закрыт, а VT2 открыт, поэтому горит лампа HL1. Когда же на выходе этих элементов появляется напряжение высокого уровня, транзистор VT2 закрывается, открывается VT1 — загорается лампа HL2. Таким образом, пока генератор работает, лампы поочередно загораются, создавая впечатление перемигивающихся глаз игрушки.

Переключатели елочных гирлянд

Несомненным украшением новогодней елки всегда были и остаются гирлянды ламп накаливания, которые мигают, переключаются или переливаются разными цветами.

Схема переключателя и его монтажная плата показаны на рис. 133. Он переключает две гирлянды, его силовая часть питается от электроосветительной сети через выпрямитель на диодах моста VD3. В качестве электронных ключей используют достаточно мощные тринисторы, позволяющие подключать к устройству гирлянды общей мощностью до 200 Вт.



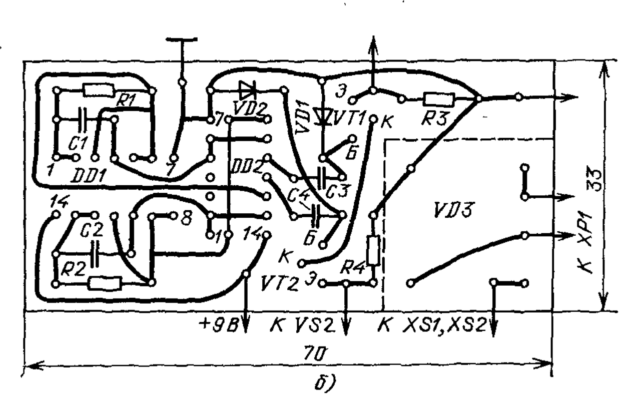


Рис. 133. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) переключателя двух гирлянд

На элементах DD1.1 и DD1.3 собран генератор импульсов с частотой следования 1 ... 2 кГц, а на элементах DD1.2 и DD1.4 аналогичный ему, но с частотой следования импульсов 0,5 ... 1 Гц. Элементы DD2.1 и DD2.2 образуют каскады совпадения, их выходы через конденсаторы C3 и C4 соединены с базами транзисторов VT1 и VT2, которые и управляют тринисторами VS1, VS2.

Импульсы с выхода первого генератора постоянно поступают на один из входов элементов DD2.1 и DD2.2. Одновременно на вторые входы этих элементов поступают противофазные импульсы со второго генератора. Если на выводе 8 элемента DD2.1 возникает напряжение высокого уровня, то импульсы первого генератора поступают на базу транзистора VT1, а с его эмиттера — на управляющий электрод тринистора VS1. Этот тринистор открывается в начале каждого полупериода сетевого напряжения, и гирлянда ламп, подключенная к гнезду XS1, горит. В это время транзистор VT2 и тринистор VS2 закрыты и гирлянда, подключенная к ним, не горит.

Когда напряжение высокого уровня появляется на выводе 13 элемента DD2.2, то импульсы с выхода первого генератора поступают на базу транзистора VT2, тринистор VS1 открывается в начале каждого полупериода сетевого напряжения, и горит гирлянда, подключенная к нему. Таким образом, гирлянды переключают поочередно.

В этом переключателе применено импульсное управление тринисторами, что позволяет значительно повысить экономичность всего устройства. Для открывания тринистора требуется ток около 10...50 мА, но он нужен только в момент открывания, потом в нем уже нет необходимости, так как тринистор будет находиться в проводящем состоянии до тех пор, пока сетевое напряжение не уменьшится практически до нуля. Именно короткие импульсы управляющего тока делают этот переключатель экономичным.

Какого-либо налаживания переключатель не требует. Питать транзисторы необходимо от источника питания напряжением около 9 В, учитывая, что эксплуатация гирлянды носит эпизодический характер, для этой цели могут быть пригодны батареи «Крона», «Корунд», 7Д-0,115 или две последовательно соединенные 3336Л, «Рубин», пригоден также маломощный сетевой блок питания.

Схема и монтажная плата переключателя трех гирлянд, позволяющая реализовать эффект типа «бегущие огни», показаны на рис. 134 и 135 [46]. В отличие от предыдущего переключателя в нем использованы маломощные тринисторы, требующие небольших управляющих токов. Поэтому их включение осуществляется постоянным током. Питается переключатель полностью от сети. К нему можно подключить три гирлянды, каждая из которых рассчитана на напряжение 110 В и мощность до 20 Вт.

Основой переключателя служит генератор импульсов, собранный на элементах DD1.1, DD1.5 и DD1.6. Благодаря последовательному их включению создается ООС по постоянному току, а три интегрирующие цепи R1C1, R2C2 и R6C4 обеспечивают генерацию прямоугольных импульсов частотой около 1 Гц и скважностью 2. Особенность этого генератора заключается в том, что прямоугольные импульсы на выходах этих элементов сдвинуты относительно друг

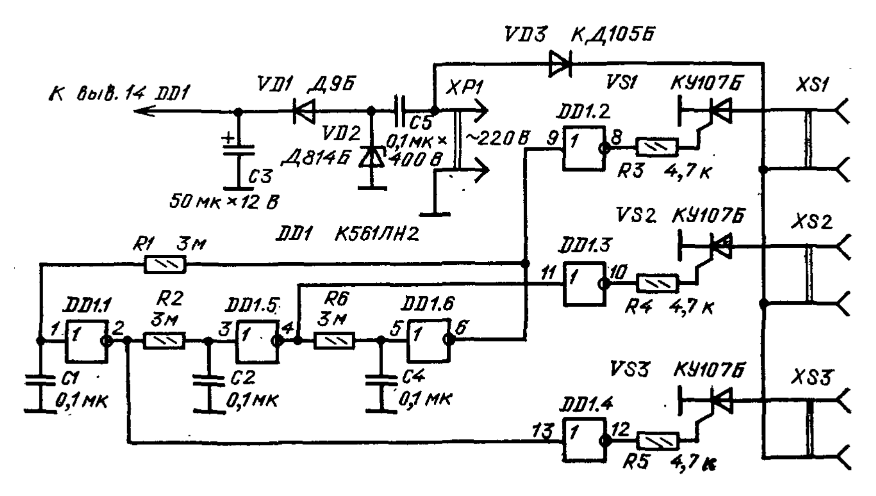


Рис. 134. Принципиальная схема переключателя трех гирлянд

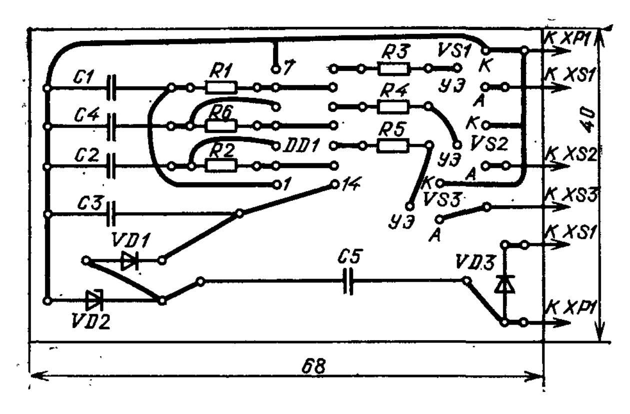


Рис. 135. Монтажная плата переключателя трех гирлянд

друга на угол примерно 120°. Эти импульсы поступают на входы элементов DD1.2 — DD1.4, а с их выходов — через резисторы R3—R5 на управляющие электроды тринисторов VS1 — VS3. Таким образом, гирлянды ламп, подключенные к розеткам XS1 — XS3, загораются последовательно друг за другом.

Гирлянды и тринисторы питаются от сети через однополупериодный выпрямитель на диоде VD3, микросхемы — через выпрямитель-стабилизатор напряжения, собранный на стабалитроне VD2, диоде VD1 и конденсаторах C3, C5.

Частоту переключения гирлянд можно изменять подбором конденсаторов C1, C2, C4, их емкости должны быть примерно одинаковыми.

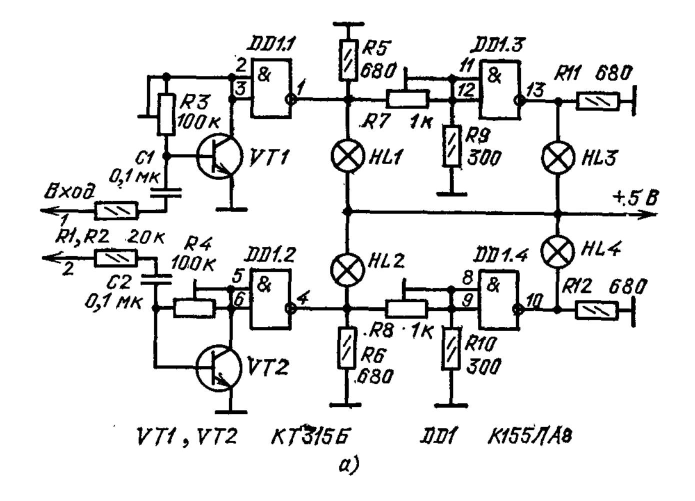
Светомузыкальная приставка

Устройство, схема и монтажная плата которого показаны на рис. 136 [36], может стать декоративным оформлением передней панели стереомагнитофона, электрофона, радиоприемника.

Приставка, состоящая из двух идентичных каналов, работает следующим образом. Сигнал с линейного выхода стереофонического магнитофона поступает на один из входов приставки и далее через цепь R1C1 подается на вход усилительного каскада на транзисторе VT1, нагрузкой которого является входное сопротивление элемента DD1.1. Усиленный сигнал через резистор R7 поступает на вход элемента DD1.3. В выходные цепи элементов включены малогабаритные лампы накаливания. Для установки начального тока, протекающего через лампы, а также облегчения теплового режима микросхемы, установлены резисторы R5 и R11.

Под воздействием входного сигнала яркость лампы HL1 первого канала ослабевает, яркость же лампы HL3 этого канала, наоборот, возрастает. Таким образом, эти лампы как бы перемигиваются. Их можно окрасить в разные цвета.

Аналогично работает и второй канал приставки. Питать ее следует от источника напряжением 5 В при токе до 100 мА, в том числе и нестабилизированным. Все детали, кроме ламп накаливания, монтируют на печатной плате (рис. 136,*б*) из фольгированного текстолита. Экран приставки лучше изготовить из светорассеивающего стекла размерами примерно 5×5 см. За экраном,



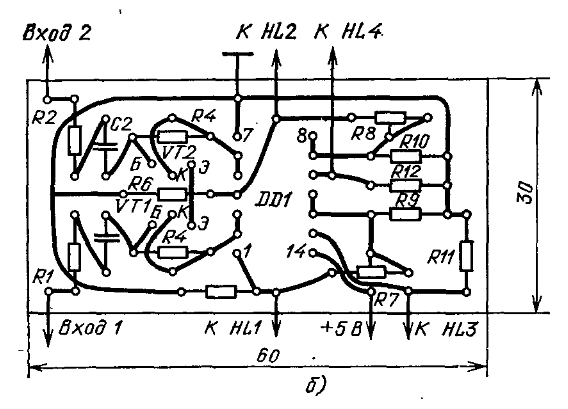


Рис. 136. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) светомузыкальной приставки

на расстоянии 10...15 мм от него, устанавливают лампы, их желательно снабдить отражателями, например из фольги. Баллоны ламп окрашивают в разные цвета: HL1 — красный, HL2 — желтый, HL3 — синий, HL4 — зеленый.

Приступая к настройке, движки резисторов R3 и R4 устанавливают в такое положение, при котором бы лампы HL1 и HL2 при отсутствии входного сигнала были на грани зажигания, но не светились. После этого на вход устройства подают сигнал номинального уровня и резисторами R7 и R8 добиваются, чтобы лампы HL3 и HL4 гасли при нормальном свечении ламп HL1 и HL2.

Усилитель мощности для светодинамических установок

Отличительная особенность этого усилителя, который можно использовать в различных светодинамических установках, — экономичность, так как он работает по принципу широтно-импульсной модуляции импульсов тока, текущего через лампы накаливания.

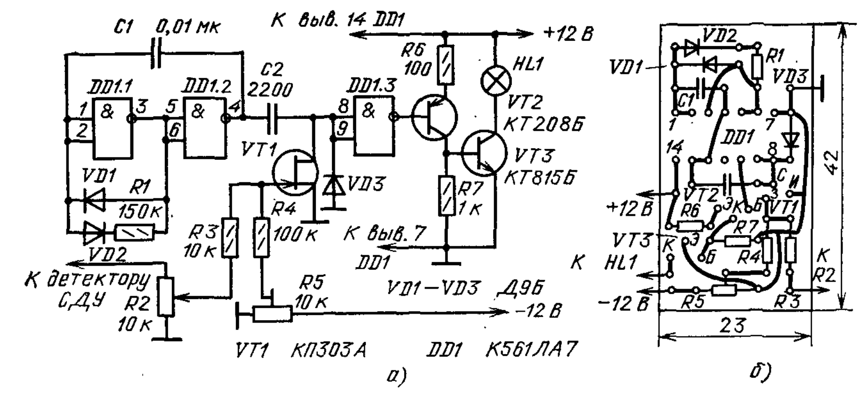


Рис .137. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) усилителя мощности СДУ

Схема усилителя и его монтажная плата показаны на рис. 137. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор импульсов с частотой следования около 1 кГц и скважностью примерно 1,01. Импульсы генератора через конденсатор C2 поступают на вход инвертора DD1.3, к выходу которого подключен ключевой каскад на транзисторах VT2, VT3.

Скважность выходных импульсов генератора такова, что большую часть времени на выходе элемента DD1.2 будет напряжение высокого уровня и лишь очень короткое время — низкого уровня. При напряжении высокого уровня происходит зарядка конденсатора C2 через полевой транзистор VT1, а при напряжении низкого уровня конденсатор C2 быстро разряжается через диод VD3. Во время зарядки конденсатора уровень напряжения на входе элемента DD1.3 меняется от высокого до низкого, а скорость этого изменения определяется сопротивлением канала полевого транзистора. При низком уровне напряжения на выходе этого элемента транзисторы открываются, а при высоком — закрываются. Изменением сопротивления канала полевого транзистора можно регулировать время включения транзисторов VT2 и VT3, а значит, изменять яркость свечения лампы накаливания HL1.

На вход приставки следует подавать сигнал с выхода детектора светодинамической установки с отрицательной полярностью. Лампы накаливания — напряжением 12 В и мощностью до 15 Вт.

Налаживание приставки сводится к установке резистором R5 режима, при котором лампа HL1 начинает слабо светиться (при отсутствии входного сигнала).

Емкостное реле

Чувствительным узлом многих любительских емкостных реле служит генератор электрических колебаний высокой частоты (сотни килогерц и выше). Когда в контур такого генератора вводят дополнительную емкость, то частота его колебаний изменяется или генератор перестает работать совсем. При этом срабатывает пороговое устройство, соединенное с генератором, и появляется звуковой или световой сигнал.

Но высокочастотный генератор емкостного реле может стать причиной помех радиоприему. Другое дело, если его генератор будет работать на звуковой частоте. Тогда емкостное реле становится «безопасным» для работающих радиоприемников. Правда, чувствительность такого реле может несколько снизиться, зато оно будет проще в изготовлении и налаживании.

Схема такого варианта емкостного реле [37] приведена на рис. 138,*а*. Его генератор прямоугольных импульсов, следующих с частотой около 1 кГц, собран на элементах DD1.1 и DD1.2. Выход генератора через дифференцирующую цепь C3C4R2 соединен с входом элемента DD1.3. Этот логический элемент выполняет функции компаратора напряжения, а элемент DD1.4 используется как электронное реле, к выходу которого подключен источник звукового сигнала — телефонный капсюль BF1.

Пока емкость между датчиком E1 и общим проводом устройства мала, на резисторе R2 и входе 6 элемента DD1.3 формируются короткие импульсы напряжения положительной полярности, амплитуда которых соответствует напряжению высокого уровня. Поэтому на выходе этого элемента также формируются короткие импульсы, но уже отрицательной полярности. Иначе говоря, в течение большей части времени на выходе элемента DD1.3 будет напряжение высокого уровня и только в течение короткого промежутка времени — низкого уровня. Во время действия напряжения высокого уровня конденсатор C6 медленно заряжается через резистор R3, а при действии низкого — быстро разряжается через диод VD1. Так как разрядный ток значительно превышает зарядный, то на конденсаторе будет напряжение низкого уровня, которое закрывает элемент для прохождения сигнала генератора.

При приближении к датчику E1 руки емкость относительно общего провода увеличивается, отчего амплитуда импульсов на резисторе R2 уменьшается и перестает соответствовать напряжению высокого уровня. Поэтому на выходе элемента DD1.3 постоянно поддерживается напряжение высокого уровня и конденсатор заряжается до такого же уровня, в результате чего на выходе элемента DD1.4 появляются импульсы генератора, а в телефоне — звуковой сигнал.

Чувствительность реле изменяют подстроечным конденсатором C4. В устройстве, монтаж которого показан на рис. 138,*б*, можно применить подстроечные конденсаторы КПВ, КПК-МП, КПК-1, резистор R2 составлен из двух-, трех резисторов меньшего номинала, для повышения чувствительности сопротивление этого резистора можно увеличить до 10 ... 15 МОм. Ток, потребляе-

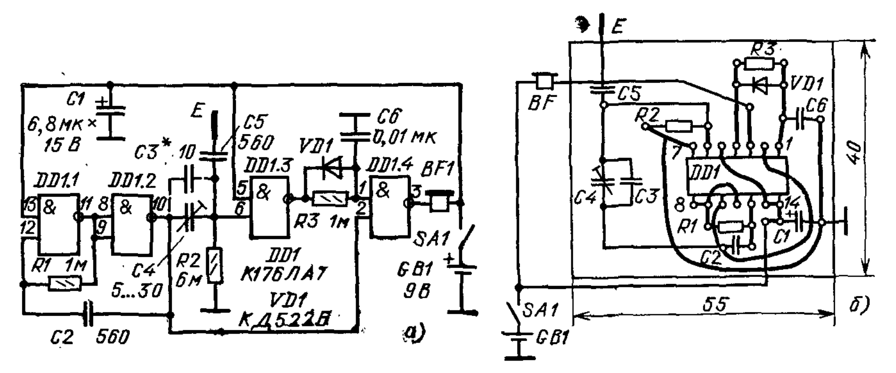


Рис. 138. Схема (*а*) и монтажная плата (*б*) емкостного реле

мый устройством в дежурном режиме, составляет 1,5 ... 2 мА, а при подаче звукового сигнала — 3 ... 4 мА.

Монтажная плата устройства показана на рис. 138,*б*. Датчик E1 представляет собой металлическую сетку или пластину размерами примерно 200×200 мм.

Проверяют и настраивают емкостное реле в следующей последовательности. Одной рукой касаются неизолированного общего провода и подстроечным конденсатором C4 добиваются пропадания звукового сигнала. После этого приближают руку к датчику — в телефоне должен появиться сигнал. Если звука нет, то увеличивают емкость конденсатора C3, если же звуковой сигнал не пропадает, то уменьшают емкость этого конденсатора или удаляют его вообще. Более точным подбором емкости подстроечного конденсатора можно добиться срабатывания реле при поднесении руки к датчику на расстоянии 10 ... 15 см.

Самоуправляемая модель

Встроив в модель вездехода, планетохода или другую электрифицированную модель или игрушку с двумя ведущими электродвигателями описываемое здесь устройство, можно значительно расширить ее возможности и сделать игру с ней более интересной.

Схема электронной начинки такой модели или игрушки приведена на рис. 139 [38]. Если на модели уже имеются лампы накаливания, имитирующие фары, то их оставляют, если же их нет, то устанавливают, по крайней мере, одну, посередине передней части модели. Функционирует модель следующим образом. В исходном состоянии, вдали от препятствия, фотодиоды не освещены, на входах элементов DD1.1 и DD1.2 будет напряжение высокого уровня, поэтому транзисторы VT1 и VT3 открыты и контакты реле K1 и K4 замкнуты, напряжение поступает на двигатели M1 и M2 и модель движется вперед.

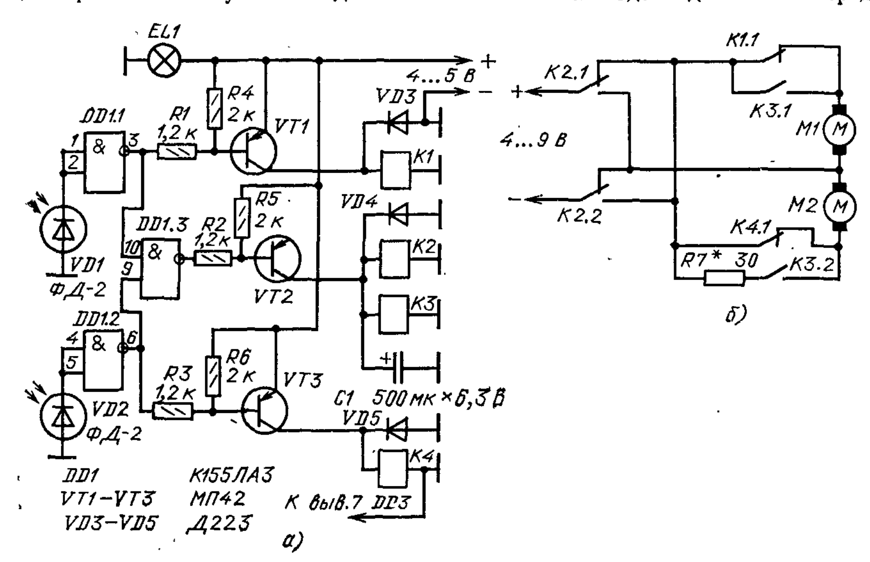


Рис. 139. Принципиальная схема электронной части самоуправляющейся модели

Когда она приближается к какому-либо препятствию, то свет фар, обращенный от него, попадает на фотодиоды VD1 или VD2, при этом сильнее будет освещен тот фотодиод, который расположен ближе к препятствию. Допустим, это будет светодиод VD1. За счет появления фототока напряжение на нем уменьшается и начинает соответствовать напряжению низкого уровня, транзистор VT1 закрывается и реле K1 обесточивается.

Так как реле K2 и K3 также обесточены, то двигатель M1 тоже будет обесточен, поэтому модель начинает поворачивать до тех пор, пока не отвернет от препятствия и пока освещенность фотодиода VD1 не уменьшится до значения, при котором на выходе элемента DD1.1 появится сигнал низкого уровня, транзистор VT1 откроется и реле K1, срабатывая, своими контактами K1.1 включит электродвигатель M1 и модель начнет двигаться по прямой, до встречи с новым препятствием.

Если окажется, что сильнее освещен фотодиод VD2, реле K4 обесточится и отключит электродвигатель M2 — модель станет поворачивать в другую сторону. Что же произойдет, если окажутся освещенными оба фотодиода, т. е. модель наткнется на препятствие, которое объехать не удается. В этом случае на выходах элементов DD1.1 и DD1.2 появятся напряжения высокого уровня, реле K1 и K4 обесточатся, реле K2 и K3 сработают, при этом реле K2 изменит полярность напряжения на электродвигателях, а реле K3 подключает их к источнику питания, но таким образом, что на один из двигателей — M2 — поступает меньшее напряжение, поэтому модель начнет движение назад и при этом немного поворачивается. Это будет происходить до тех пор, пока она не отъедет от препятствия на такое расстояние, что освещенность фотодиодов уменьшится, и она начнет свое движение вперед, но уже в другом направлении. Чтобы модель успела отъехать от препятствия на достаточное расстояние, в устройство введен конденсатор C1, который задерживает отключение реле K2 и K3, после того как фотодиоды будут затемнены.

Чтобы модель работала так, как здесь сказано, фотодиод, который установлен слева, должен управлять правым электродвигателем, а фотодиод, который установлен справа, — левым. Модель может двигаться и на свет или по световому лучу, для этого надо исключить реле K2 и поменять местами подключение электродвигателей.

Монтажная плата устройства показана на рис. 140,*а*, а схема расположения ламп накаливания и фотодиодов — на рис. 140,*б*. Реле K1 и K2 — РЭС-10 (паспорт РС4.524.304 или РС4.524.315), но у них надо ослабить пружины, что-

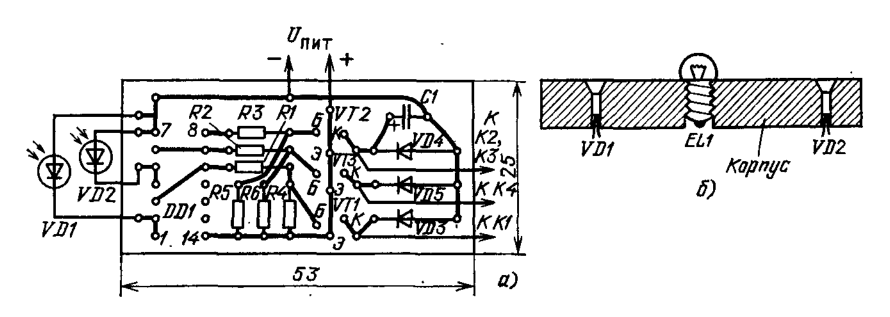


Рис. 140. Монтажная плата (*а*) и расположение осветительной лампы и фотодиода в корпусе (*б*)

бы они срабатывали надежно при напряжении питания 4 В, реле К2, К3 — РЭС-9 (паспорт РС.4.524.203 или РС4.524.214). Фотодиоды можно заменить фоторезисторами серии СФ.

Налаживание электронной части модели сводится к подбору емкости конденсатора С1 и сопротивления резистора R7. Для повышения помехозащищенности питать электронную часть следует от отдельного источника, например батареи 3336Л.

Рекомендации по замене радиодеталей и технике безопасности

Основой всех описанных конструкций являются логические элементы и хотя, как правило, они доступны для приобретения, но все равно может возникнуть вопрос об их замене. Благодаря тому, что микросхемы одной структуры выполнены практически по одной схеме, одноименные микросхемы полностью взаимозаменяемы. Эквивалентными по электрическим параметрам, но имеющими различное конструктивное оформление, являются такие серии, как К155 и К133, К100 и К500, а также 561 и 564. Поэтому их можно заменять без коррекции электрической схемы, понадобится только переработка печатной платы.

Микросхемы серий К133, К155 можно заменить на микросхемы серий К130, К530, К531, но в этом случае возрастет потребляемый ток, и придется проводить дополнительный подбор элементов схемы — резисторов и конденсаторов. Это связано с тем, что входные токи этих микросхем в 2 ... 3 раза больше, чем у серий К155, К133.

Микросхемы серий К561 и К564 можно заменить на микросхемы серии К176, но только в том случае, если напряжение питания лежит в пределах 6 ... 10 В, это связано с тем, что не все микросхемы серии К176 надежно работают при пониженном напряжении питания. Обратная же замена, т. е. замена микросхем серии 176 на серии К561 и К564, возможна в любом случае.

Кроме прямой замены на одноименные микросхемы другой серии, в большинстве случаев возможна замена на микросхемы той же серии, но другого функционального назначения. Это обусловлено тем, что большинство логических элементов используют просто как инверторы, т. е. входы многовходовых логических элементов в схеме объединяют. Поэтому взамен двухвходовых элементов всегда можно использовать трехвходовые той же серии. Так, в схеме генератора на рис. 27 можно применить микросхемы К176ЛА7, К176ЛЕ5, К176, К176ЛА8, К176ЛА9, К176ЛЕ6 и т. д., а также аналогичные из серий К561, К564. Аналогично можно заменять и микросхемы серий К133, К155, К134 и т. д. При замене транзисторов следует учитывать, что в большинстве случаев, если при описании конструкции не оговорены какие-либо их параметры, транзисторы КТ315, КТ312, КТ3102 с любыми буквенными индексами взаимозаменяемы. Аналогичная ситуация и с транзисторами КТ361, КТ208, КТ209.

В качестве элементов световой индикации можно использовать светодиоды АЛ102, АЛ307, АЛ316, постоянные резисторы могут быть типов МЛТ, ВС с мощностью рассеивания, указанной на схеме, в качестве переменных и подстроечных резисторов можно использовать любые выпускаемые промышленностью, они только могут оказать влияние на размеры конструкции или на необходимость переделки топологии печатной платы.

Что касается конденсаторов, то в качестве полярных конденсаторов емкостью 1 мкФ и более можно использовать К50-6, К50-24, К50-3, К50-12, К53-1, а меньшей емкости — КМ, КЛС, К10-7в, МБМ на соответствующее схеме напряжение.

Прежде чем приступать к работе, необходимо обеспечить безопасные условия, в первую очередь это относится к устройствам, питающимся от сети, — все сетевые провода должны иметь надежную изоляцию. Особую опасность могут представлять конструкции, имеющие непосредственное питание от сети. При их регулировании лучше всего использовать разделительный трансформатор с коэффициентом трансформации 1 : 1, для этих целей может быть пригоден силовой трансформатор от лампового радиоприемника. Более подробно с правилами безопасности можно ознакомиться в [47].

Список литературы

1. **Аналоговые** и цифровые интегральные микросхемы: Справочное пособие/ С. В. Якубовский, Н. А. Барканов, Л. И. Ниссльсон и др.; под ред. С. В. Якубовского. — М.: Радио и связь, 1984. — 432 с.
2. **Шило В. Л.** Популярные цифровые микросхемы: Справочник. — М., Радио и связь, 1988. — 352 с.
3. **Мильченко В.** Импульсные устройства на логических элементах//Радио. — 1977. — № 1. — С. 43.
4. **Буряк В. А.** Усилители на основе логических интегральных микросхем//Радиотехника. — 1980. — Т. 35, № 8. — С. 89.
5. **Линейный** усилитель на логическом элементе//Радио. — 1980. — № 7. — С. 58.
6. **Зайцев Д.** Усилитель на микросхеме К1ЛБ533//Радио. — 1979. — № 12. — С. 27.
7. **Воскобойников М.** Цифровые микросхемы в устройствах НЧ//Радио. — 1981. — № 7. — С. 37.
8. **Сало Н.** LC-генератор на логической микросхеме//Радио. — 1980. — № 1. — С. 41.
9. **Кварцевый** генератор//Радио. — 1980. — №1. — С. 61.
10. **Альтшуллер Г. Б., Елфимов Н. Н., Шакулин В. Г.** Кварцевые генераторы: Справ. пособие. — М.: Радио и связь, 1984. — 232 с.
11. **Алексеев В.** Расчет стабилизатора напряжения с логическим элементом// Радио. — 1983. — № 12. — С. 36.
12. **Генератор** с электронной перестройкой частоты//Радио. — 1982. — № 8. — С. 61.
13. **Световые** индикаторы напряжения//Радио. — 1984. — № 12. — С. 25.
14. **Бердичевский Г.** Пиковый индикатор уровня//Радио. — 1980. — № 6. — С. 48.
15. **Рязанцев В.** АРЯ люминесцентных индикаторов//Радио. — 1988. — № 1. — С. 44.
16. **Ралько А.** Автоматическая регулировка яркости газоразрядных индикаторов// Радио. — 1982. — № 1. — С. 30.
17. **Игошев Б., Костоусова Т.** Простые пробники//Радио. — 1983. — № 4. — С. 49.
18. **Логические** пробники//Радио. — 1980. — № 3. — С. 30.
19. **Бронштейн М.** Прибор для проверки конденсаторов//Радио. — 1984. — № 12. — С. 36.
20. **Нечаев И.** Два измерительных прибора на микросхемах//Радио. — 1986. — № 1. — С. 49.
21. **Функциональный** генератор на микросхеме//Радио. — 1978. — № 8. — С. 60.
22. **Кроль Р.** Частотомер на интегральной микросхеме//В помощь радиолюбителю. — М.: ДОСААФ. — 1977. — Вып. 57. — С. 59.
23. **Нечаев И.** Дверные сенсорные звонки//Радио. — 1987. — № 9. — С. 51.
24. **Баранов Н.** Простой термостабилизатор//Радио. — 1988. — № 8. — С. 29.
25. **Нечаев И.** Индикатор потребляемой мощности//Радио. — 1986. — № 2. — С. 49.

26. **Нечаев И.** Регулятор яркости фонаря//Радио. — 1986. — № 7. — С. 49.
27. **Нечаев И.** Металлоискатель на микросхеме//Радио. — 1987. — № 1. — С. 49.
28. **Смирнов Н., Стрюков В.** Приемник прямого усиления на логической микросхеме//Радио. — 1982. — № 6. — С. 51.
29. **Нечаев И.** Экономичный преобразователь напряжения для питания варикапов//Радио. — 1984. — № 10. — С. 57.
30. **Крымшамхалов Т.** Цифровые микросхемы в спортивной аппаратуре//Радио. — 1978. — № 12. — С. 19.
31. **Беляцкий Ю.** Тахометр на микросхеме//Радио. — 1980. — № 11. — С. 46.
32. **Доценко Ю.** Светофон//Радио. — 1984. — № 11. — С. 49.
33. **Нечаев И.** Терменвокс//Радио. — 1986. — № 10. — С. 49.
34. **Кисельман А.** Кто быстрее?//Радио. — 1988. — № 3. — С. 49.
35. **Нечаев И.** Сенсорный пульт управления//Радио. — 1985. — № 1. — С. 49.
36. **Полозов А.** Простая светомузыкальная приставка//Радио. — 1981. — № 9. — С. 56.
37. **Нечаев И.** Емкостное реле//Радио. — 1988. — № 1. — С. 33.
38. **Супликевич Б.** Моделью управляет свет//Моделист-конструктор. — 1984. — № 3. — С. 42.
39. **Нечаев И.** Сигнализатор «Прикройте холодильник»//Радио. — 1986. — № 12. — С. 52.
40. **Нечаев И.** Сенсорный выключатель//Радио. — 1989. — № 4 — С. 62
41. **Нечаев И.** Таймер-индикатор//Радио. — 1989. — № 5. — С. 76.
42. **Нечаев И.** Телеграфный гетеродин//Радио. — 1989. — № 9. — С. 33.
43. **Простой** металлоискатель//Радио. — 1985. — № 2. — С. 61.
44. **Нечаев И.** Телеграфный гетеродин//Радио. — 1989. — № 9. — С. 33.
45. **Нечаев И.** Электромузыкальный инструмент «Светофон»//Радио. — 1990. — № 1. — С. 60.
46. **Нечаев И.** Переключатель трех гирлянд//Радио. — 1989. — №11. — С. 83.
47. **Осторожно! Электрический ток!**//Радио. — 1983. — № 8. — С. 55.

СОДЕРЖАНИЕ

МРБ

Конструкции на логических элементах цифровых микросхем

Издательство «Радио и связь»